

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Martin Tomas
USMJERAVANJE U VOIP MREŽI

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

USMJERAVANJE U VOIP MREŽI

Routing in VoIP Network

Mentor:
dr. sc. Ivan Forenbacher

Student:
Martin Tomas, 0135226754

Zagreb, ožujak 2017.

Sažetak

Završni rad se bavi detaljnom analizom i obradom sustava usmjeravanja, interoperabilnosti te protokolima VoIP tehnologije. Usmjeravanje u telekomunikacijskoj mreži predstavlja način prosljeđivanja paketa od izvorišta do krajnjeg odredišta. VoIP (eng. *Voice over Internet Protocol*) predstavlja proces digitaliziranja i slanja glasovnih podataka preko IP mreža. Algoritmi usmjeravanja izgrađuju tablice usmjeravanja i u njih pohranjuju podatke na temelju kojih se određuje najbolja ruta prosljeđivanja do krajnjeg odredišta. Konvergencija je nužna karakteristika svakog algoritma usmjeravanja, predstavlja postupak gdje se svi usmjerivači slažu oko najbolje rute za podatkovni prijenos. Usmjerivači razmjenjuju ažurirajuće poruke koje širenjem kroz mrežu potiču ponovni proračun ruta koje postupno konvergiraju u optimalan raspored. Proces usmjeravanja se odvija u mrežnom sloju OSI (eng. *Open Systems Interconnection*) referentnog modela. Za uspostavu podatkovne komunikacije VoIP tehnologija koristi protokole koji se implementiraju u aplikacijskom sloju za prijenos zvuka i pokretnih slika. VoIP sustav ima integraciju sa javnom telefonskom mrežom (PSTN). Rad između VoIP i PSTN mreže predstavlja uspostavljanje poziva u telefonskoj mreži te završetak na Internet mreži i obrnuto.

Ključne riječi: usmjeravanje, algoritmi usmjeravanja, tablica usmjeravanja, konvergencija, interoperabilnost, protokol, VoIP

Summary

This paper discusses detailed analysis and processing of routing system, interoperability and protocols for VoIP (Voice over Internet Protocol) technology. VoIP is defined as process of digitalizing and sending voice data through IP network. Routing in telecommunication network represents a method of forwarding packets from source to endpoint and is no less important in real-time communication network such as VoIP. Routing algorithms play a central role in generating a routing table for storing data that fundamental for choosing the optimal route. Convergence is necessary characteristic of updating process of routing table which represents a state where a set of routers reached a consensus on topology information. Therefore, routers constantly exchange update information which, by spreading across the network, continuously encourage estimation of routes until an optimal routing schedule is reached. Routing is carried on a network layer of OSI reference model. Another important topic from a technological point of view and discussed in this paper is VoIP-PSTN interoperability. This is because This, in turn, enables establishing a call that originates in PSTN and ends in Internet network and vice versa.

Keywords: routing, routing algorithms, table for routing, convergency, interoperability, protocol, VoIP

Sadržaj:

1. Uvod.....	1
2. Prijenos govora IP protokolom	3
2.1 Osnove usmjeravanja	4
2.2 Usmjereni protokoli i protokoli usmjeravanja	5
2.3 Značajke i vrste protokola usmjeravanja.....	6
2.4 Parametri odabira rute	9
2.5 Osnove VoIP tehnologije	10
2.6 Općenita arhitektura VoIP mreže.....	11
2.7 Platforme za IP telefoniju	13
3. VoIP protokoli za prijenos zvuka	15
3.1 Real-Time Transport Protocol - RTP	15
3.2 Real -Time Control Protocol - RTCP.....	18
3.3 Real-Time Streaming Protocol - RTSP	19
3.4 Resource Reservation Protocol - RSVP	20
4. VoIP protokoli za signalizaciju	23
4.1 H.323 standard	24
4.2 SIP protokol	26
4.3 Media Gateway Control Protocol – MGCP	32
5. Interoperabilnost VoIP sa nepokretnom i pokretnom mrežom.....	35
5.1 Interoperabilnost VoIP i nepokretne (PSTN) mreže.....	39
5.1.1 SIP Phone - POTS Phone.....	41
5.1.2 POTS Phone – SIP Phone	45
5.1.3 PSTN-IP-PSTN	46
5.2 Interoperabilnost VoIP i pokretne mreže.....	47
5.2.1 VoLTE tehnologija	48
5.2.2 Voice over LTE via Generic Access – VoLGA.....	49
6. Konvergencija mreže.....	50
6.1 IP višemedijski podsustav.....	51
6.2 All-IP okruženje – Hrvatski Telekom	53
7. Zaključak	56

LITERATURA.....	57
POPIS KRATICA.....	60
POPIS SLIKA.....	65

1. Uvod

Tijekom prve godine postojanja, VoIP tehnologija doprinosom prijenosa govora podatkovnim mrežama je uzrokovalo značajan napredak na telekomunikacijskom tržištu. Mogućnosti uspostavljanja poziva iz podatkovnih mreža prema korisnicima javim telefonskim fiksnim i mobilnim mrežama i obratno rezultiralo je potražnjom bolje funkcionalnosti mobilnih terminalnih uređaja. U pogledu davatelja usluge dobiva se efikasnije korištenje prijenosnih kapaciteta te u odnosu na tradicionalnu telefoniju, smanjeni su troškovi poziva ali sa nešto nižom kvalitetom usluge. Za napredak VoIP tehnologije donesena je standardizacija sa određenom protokolima koji omogućuju prijenos zvuka i pokretnih slika.

Određivanje optimalne rute za usmjeravanje paketa je potrebno za odvijanje mrežnog prometa. Preduvjet za kvalitetno usmjeravanje su ažurirane baze podataka na usmjerivačima odnosno tablice usmjeravanja od koje svaka sadrži adresu sljedećeg uređaja na ruti prema odredištu. Pritom, tu su i algoritmi usmjeravanja koji uz korištenje različitih mehanizama izgrađuju tablice što rezultira parametre na temelju kojih se obavlja odabir rute.

Cilj završnog rada je analizirati i obraditi sustav usmjeravanja, interoperabilnost i protokole VoIP tehnologije. Naslov završnog rada je: **Usmjeravanje u VoIP mreži**. Rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Prijenos govora IP protokolom
3. VoIP protokoli za prijenos zvuka
4. VoIP protokoli za signalizaciju
5. Interoperabilnost VoIP i PSTN mreže
6. Konvergencija mreže
7. Zaključak

U drugom poglavlju definiran je pojam VoIP sa svojim prednostima i nedostacima sa perspektive korisnika i davatelja usluge. Opisane su mrežne osnove odnosno arhitektura VoIP mreže sa pripadajućim komponentama te osnove usmjeravanja paketa u IP mreži.

U trećem poglavlju nalazi se detaljan opis VoIP protokola za prijenos zvuka. Prikazana su pojedina zaglavlja koja odlučuju kako postupiti sa informacijom te definirane su funkcije polja u zaglavlju.

U četvrtom poglavlju su analizirani napopularniji protokoli za signalizaciju koji omogućuju uspostavljanje, nadzor i raskidanje telekomunikacijske veze i usluga. Prikazane su osnovne komponente protokolnih sustava koje pružaju uspostavu sesije između dva terminalna uređaja.

U petom poglavlju opisani su pojedini scenariji između podatkovne i tradicionalne telefonske mreže te tijekom uspostavljanja i završetka poziva.

U šestom poglavlju definiran je pojam konvergencija mreže. Opisan je IP višemedijski podsustav u ulozi konvergencije. Navedene su nove usluge te prednosti i nedostaci korisnika Hrvatskog Telekomu koji je migrirao na „All IP“ okruženje.

2. Prijenos govora IP protokolom

VoIP (eng. *Voice over Internet Protocol*) predstavlja proces digitaliziranja i slanja glasovnih podataka preko IP mreža, kao što su Internet ili ostale mreže koje se temelje na komutaciji paketa. Osim korištenja pojma VoIP, tu su još istovjetni pojmovi: IP telefonija (eng. *IP telephony*), Internet telefonija (eng. *Internet telephony*), VoBB (eng. *Voice over broadband*), širokopojasna telefonija (eng. *broadband telephony*) i širokopojasna telefonija (eng. *broadband telephony*). Donošenjem VoIP tehnologije rezultiralo je smanjenjem korištenja telefonske mreže isto tako smanjenja troškova telefoniranja te povećanjem fleksibilnosti rada.¹

Internetska telefonija predstavlja uslugu krajnjim korisnicima u kojem se poziv ostvaruje kroz javnu infrastrukturu Interneta, zaobilazeći PSTN (eng. *Public Switched Telephone Network*) mrežu. Omogućen je rad između različitih terminala: računalo-računalo, računalo – IP (eng. *Internet Protocol*) telefon, IP telefon – IP telefon.

U odnosu na tradicionalne telefonske mreže VoIP nudi nekoliko prednosti. Mogućnost priključenja dodatne linije u kućno okruženje dok kod tradicionalnih mreža to je ograničeno bakrenom paricom. S druge strane IP telefonija ne ovisi izravno o lokaciji korisnika te nudi konferencijsku vezu sa tri sudionika, preusmjeravanje poziva i glasovna pošta.

Prednosti usluge VoIP iz perspektive krajnjeg korisnika:

- Smanjenje troškova
- Preusmjeravanje poziva (dodatne usluge u govornoj komunikaciji koje su besplatne)
- Olakšano prenošenje pozivnog broja
- Drugi vidovi komunikacije su jednostavniji za korištenje (audio-video konferencije, djeljenje podataka)
- Širokoj rasprostranjenosti Interneta predstavlja neograničenu dostupnost usluge

Prednosti usluge VoIP iz perspektive pružatelja usluge:

- Smanjenje troškova
- Jednostavnija instalacija i održavanje opreme/infrastrukture
- Jednostavnija mogućnost dodavanja drugih odnosno novih usluga²

¹ <http://opuskomunikacije-tim.hr/sto-je-voip/48-mrene-osnove>

² Ibid

2.1 Osnove usmjeravanja

Postupak odabira puta za slanje podataka putem mreže predstavlja usmjeravanje (eng. *routing*). Odabir rute između dva uređaja može se odrediti:

- Putem mrežnog administratora – ručni odabir rute
- Slanjem probnih poruka
- Objavljivanjem poznatih ruta

Svaka ruta se pohranjuje u tablicu usmjeravanja za kasniju upotrebu bez obzira da li je ruta primljena, otkrivena ili postavljena od nekog drugog uređaja. Umrežavanje raznorodnih računalnih mreža omogućuje se uz OSI (eng. *Open Systems Interconnect*) referentni model koji za razne protokole i standarde pruža smjernice za njihov razvoj. Algoritmi usmjeravanja sudjeluju u postupku samog usmjeravanja podataka te zadaju samo usmjeravanje i algoritme koji su podložni usmjeravanju. Izgrađuju tablice usmjeravanja u kojima su nalaze pohranjeni dostupni podaci o topologiji mreže na kojoj djeluju te na temelju svih tih podataka određuju se rute kojima se podaci prosljeđuju. Algoritmi usmjeravanja se razlikuju po performansama opisanih sa različitim karakteristikama, mehanizmima izgradnje tablica i usmjeravanja te parametrima na temelju kojih se obavlja odabir rute.

Logički adresirani paketi od izvorišne do odredišne mreže preko posrednih čvorova se određuje usmjeravanjem odnosno načinom prosljeđivanja (eng. *forwarding*). Čvorovi su najčešće usmjerivači (eng. *routers*). Usmjeravanje za razliku od premošćivanja (eng. *bridging*) na temelju strukture adresa mrežnih odredišta pretpostavlja njihov raspored gdje su odredišta sa sličnim adresama međusobno bliža i obrnuto. Usmjeravanje kod većih mreža daje bolje performanse u odnosu na premošćivanje prema tome se uzima prije za određivanje puta kroz Internet, gdje unutar manjih mreža se koriste ručno podešene tablice usmjeravanja.³

Proces ručnog podešavanja kod velikih mreža je otežan zbog kompleksnih topologija koje zadaju te stalnim promjenama strukture. U slučaju da najbliže odnosno najkraće rute budu nedostupne tu su PSTN mreže koje koriste prethodno korištene tablice usmjeravanja sa pričuvnim rutama. Ovom problemu se također koristi dinamičko usmjeravanje, gdje se tablice usmjeravanja automatski proračunavaju na temelju podataka koji se prenose uz pomoć protokola za usmjeravanje. Mreža sa komutacijom paketa, kao što je Internet, podaci se prije slanja razlažu odnosno segmentiraju u pakete kod kojih svako od njih sadrži adresu odredišta te se zasebno usmjeravaju s ciljem pronalaženja najbolje rute. Algoritmima usmjeravanja određuje se optimalni put prema

³ <http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2007-02-183.pdf>

odredištu, mogućnost upotrebe alternativnih puteva osigurava visoku pouzdanost dolaska paketa na odredište.⁴

Baze podataka smještene na usmjerivačima unutar koji su pohranjeni podaci o topologiji mreže predstavljaju tablice usmjeravanja, korištene za prosljeđivanje podatkovnih paketa, gdje se adresa odredišta povezuje se s mrežnim rutama koje do njega vode. Svaka tablica usmjeravanja sadrži adresu sljedećeg uređaja na ruti prema odredištu, što se općenito odnosi na tzv. „*hop-by-hop*“ model usmjeravanja. Jedna od karakteristika koja opisuje „*hop-by-hop*“ model je dosljednost tablica usmjeravanja gdje čak i jednostavan algoritam prosljeđivanja paketa prema sljedećem uređaju osigurava uspješno usmjeravanje u mreži. U praksi se više koristi MPLS (eng. *Multiprotocol Label Switching*) arhitektura, gdje pomoću jednog zapisa iz tablice može odrediti više sljedećih postaja odnosno uređaja na ruti prema odredištu, čime se smanjuje broj čitanja tablice i poboljšavaju performanse usmjeravanja.

Memorijski prostor je jedan od problema u izgradnji tablice usmjeravanja, jer postoji potreba za pohranjivanjem ruta prema velikom broju odredišta, u ovom slučaju uzima se pretpostavka da se slične adrese odnose na uređaje koji su blisko smješteni unutar mreže, dakle što su sličnije adrese uređaji su bliže postavljeni.⁵

2.2 Usmjereni protokoli i protokoli usmjeravanja

Skup pravila kako dva uređaja međusobno komuniciraju komunikacijskim linijama te definiranje formata podatkovnih paketa naziva se protokol. Dinamičko oglašavanje i učenje dostupnih ruta među pojedinim mrežnim uređajima omogućuju protokoli usmjeravanja, koji također određuju najbolje rute do odredišta po određenom kriteriju. Rute kojima putuju informacije određuju odgovarajući protokoli usmjeravanja.

IP protokol – protokoli usmjeravanja:

- RIP (eng. *Routing Information Protocol*),
- OSPF (eng. *Open Shortest Path First*),
- ISIS (eng. *Intermediate System to Intermediate System*),
- IGRP (eng. *Interior Gateway Routing Protocol*),
- EIGRP (eng. *Enhanced IGRP*),
- BGP (eng. *Border Gateway Protocol*).

⁴ Ibid

⁵ Ibid

Protokole koje je moguće usmjeravati se nazivaju usmjereni protokoli koji se koriste za prijenos različitih informacija računalnom mrežom, a protokoli usmjeravanja tim informacijama određuju rute po kojima će putovati do odredišta. Protokoli usmjeravanja usmjeruju usmjerene protokole. Neki od usmjerenih protokola su:⁶

- IP (eng. *Internet Protocol*)
 - Telnet
 - RPC (eng. *Remote Procedure Call*)
 - SNMP (eng. *Simple Network Management Protocol*)
 - SMTP (eng. *Simple Mail Transfer Protocol*)
- Novell IPX (eng. *Internetwork Packet eXchange*),
- OSI mrežni protokol,
- DECnet (eng. *Digital Equipment Corporation*),
- AppleTalk,
- Banyan VINES (eng. *Virtual Integrated NEtwork Service*),
- XNS (eng. *Xerox Network System*).

Protokoli koje nije moguće usmjeravati i koji se namijenjeni komunikaciji uređaja unutar jednog segmenta:

- NetBEUI (eng. *NetBIOS Extended User Interface*),
- DLC (eng. *Data Link Control*),
- LAT (eng. *Local Area Transport*),
- DRP (eng. *Distribution and Replication Protocol*),
- MOP (eng. *Maintenance Operations Protocol*).⁷

2.3 Značajke i vrste protokola usmjeravanja

Karakteristike pojedinih protokola ovisne su o primjeni za koju je algoritam usmjeravanja razvijen, općenito se odnosi na:

1. optimalnost,
2. jednostavnost,
3. robusnost i stabilnost,
4. brza konvergencija i
5. prilagodljivost.

⁶ Ibid

⁷ Ibid

Optimalnost predstavlja sposobnost usmjerivača da odabire najbolju rutu, a to ovisi o korištenoj metrici i o otežavanju metrika u slučaju njihova kombiniranja. Kvaliteta rute se odabire na temelju broja koraka i kašnjenja, gdje se veća važnost pridaje kašnjenju.

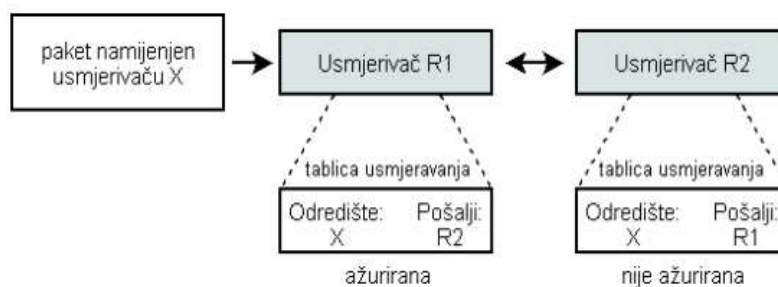
Jednostavnost u računalnim sustavima ograničenih resursa (memorijskih), zahtjevapažnju na efikasnost rada danih algoritama usmjeravanja.

Robusnost i stabilnost predstavlja slučaj sklopovskih kvarova ili pogreške u implementaciji odnosno u neobičnim i nepredviđenim situacijama gdje algoritmi usmjeravanja moraju biti robusni (ispravna funkcionalnost). Najbolji algoritmi su oni koji su svoju vrijednost dokazali kroz duži vremenski period i u različitim uvjetima rada.

Brza konvergencija se definira kao postupak u kojem se svi usmjerivači slože oko najbolje rute. U trenutku kada određeni usmjerivač prestane raditi ili postane dostupan, usmjerivači međusobno razmjenjuju ažurirajuće poruke. Spora konvergencija može uzrokovati ispade iz mreže i stvaranje beskonačnih petlji.

Za različite situacije na mreži potrebna je pravilna i brza prilagodba algoritma usmjeravanja. Kada dođe do ispadanja određenog segmenta u mreži, algoritam usmjeravanja mora brzo pronaći najbolju sljedeću rutu za svaku rutu koja je prolazila nedostupnim segmentom mreže. Također, trebaju biti postavljeni tako da se prilagođuju promjenama propusnosti mreže, veličine redova čekanja usmjerivača, kašnjenja i ostalih varijabli.⁸

Na slici 1. prikazan je primjer petlje usmjeravanja sa sporom konvergencijom algoritma usmjeravanja.



Slika 1. Petlja usmjeravanja uzrokovana sporom konvergencijom

Izvor: <http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2007-02-183.pdf>

⁸ Ibid

Beskonačna petlja se događa u trenutku kada jedna tablica usmjeravanja nije ažurirana. Paket putuje i dolazi do usmjerivača R1 kojemu je tablica usmjeravanja ažurna te šalje paket optimalnom rutom do sljedećeg koraka odnosno usmjerivača R2. Tablica usmjeravanja kod usmjerivača R2 nije još ažurna te ne vidi niti jedan sljedeći korak (optimalni put) osim vraćanja paketa prema usmjerivaču R1. Ovaj postupak se ponavlja sve do trenutka dok tablica usmjeravanja kod usmjerivača R2 se ne ažurira ili ne dođe do maksimalnog broja prosljeđivanja paketa.⁹ Algoritmi usmjeravanja prema tipu se dijele na:

1. statičke i dinamičke,
2. algoritme s jednom ili više ruta,
3. jednorazinske i hijerarhijske,
4. izvorišno usmjeravanje i usmjeravanje usmjerivačima,
5. unutar domene i među domenama te
6. *link state* i *distance vector*.

Prije početka usmjeravanja mrežni administrator postavlja statičke tablice, koje se mijenjaju samo uz intervenciju administratora. U uvjetima predvidljivog mrežnog prometa i jednostavnih topologija, statički algoritmi imaju dobro omogućen rad.

Dinamički algoritmi usmjeravanja se u stvarnom vremenu prilagođavaju uvjetima na mreži na temelju pristiglih ažurirajućih poruka koje pokazuju analizu mreže. Ukoliko je došlo do promjene u mreži, radi se novi proračun ruta i ponovno se šalju ažurirajuće poruke. U određenim primjenama dinamički algoritmi usmjeravanja mogu biti nadopunjeni sa statičkim algoritmima, gdje je moguće postaviti posljednji usmjerivač (eng. *router of last resort*) koji za zadatak ima usmjeravati sve pakete koji nisu uspjeli doći do svog odredišta.

Algoritmi usmjeravanja podržavaju više ruta prema istom odredištu. Omogućuje se multipleksiranje prijenosa podataka preko više linija. Isto tako, algoritmi sa više ruta su u većoj propusnosti i pouzdanosti u odnosu na algoritme sa jednom linijom.

Svi usmjerivači kod jednorazinskih algoritama su ravnopravni, a kod hijerarhijskih određeni odnosno pojedini usmjerivači tvore strukturu kako bi se moglo usporediti sa „kralježnicom“. Kod većih mreža moguće je definirati više hijerarhijskih razina. Skupine u kojima su organizirani sustavi usmjeravanja nazivaju se domene, unutar koje pojedini usmjerivači hijerarhijskog sustava mogu komunicirati isto tako i izvan domene, gdje s druge strane ostali usmjerivači su ograničeni sa unutarnjom komunikacijom domene. Temeljna prednost hijerarhijskog usmjeravanja je to što kod većine tvrtki preslikava organizacijsku strukturu, čime podržava njihove komunikacijske uzorke. Algoritmi

⁹ Ibid

usmjeravanja unutar domene usmjerivači mogu izvoditi puno jednostavnije usmjeravanje.

Kada izvorišni element određuje rutu poslanih paketa je izvorišno usmjeravanje. U tom slučaju usmjerivači djeluju kao uređaji za pamćenje i prosljeđivanje primljenih paketa. Ovaj način usmjeravanja daje otkrivanje boljih ruta jer se usmjeravanje provodi prije samog slanja paketa. Nedostatak je dulje trajanje postupka usmjeravanja te potreba za slanjem velikog broja probnih paketa za otkrivanje najbolje rute.

Algoritmi usmjeravanja unutar domene i među domenama prema zadatku koje obavljaju se razlikuju, te algoritam koji je inače optimalan unutar domene ne mora biti optimalan i za usmjeravanje među domenama.

Podatke potrebne za usmjeravanje *Link state* algoritmi, koji su poznati još kao *shortest path first* algoritmi vrše usmjeravanje tako da svaki usmjerivač svim ostalim daje odnosno šalje podatke o svojim vezama. *Link state* algoritmi šalju male ažurirajuće poruke na mnogo adresa, imaju bržu konvergenciju pa su prema tome otporniji na petlje usmjeravanja. Postavljanje i održavanje *Link state* algoritama je poprilično skup proces jer zahtijevaju veće procesorske i memorijske resurse, pa prema tome se protokoli uglavnom koriste unutar pod mreža.

Distance vector algoritmi usmjeravanje vrše tako da svaki usmjerivač dijeli svoju tablicu informacija ostalim u vezi odnosno sa susjednim usmjerivačima, te šalju veće ažurirajuće poruke samo susjednim usmjerivačima. Promet među mrežama i preko Interneta najčešće usmjeravaju *Distance vector* protokoli.¹⁰

2.4 Parametri odabira rute

Za određivanje najbolje rute algoritmi usmjeravanja koriste različite metrike:

1. duljina rute,
2. pouzdanost,
3. kašnjenje,
4. propusnost,
5. opterećenje i
6. cijena.

¹⁰ Ibid

Duljina rute za određene protokole usmjeravanja mrežnim administratorima omogućuju pridjeljivanje proizvoljnog troška između pojedinih veza, u tom slučaju duljinu rute predstavlja zbroj troškova svih mrežnih veza. Ostali protokoli uvode „*hop count*“ kao broj mrežnih uređaja, gdje paketi prolaze od izvorišta do odredišta.

Pouzdanost se opisuje udjelom neispravno prenesenih bitova. Vrijeme potrebno za osposobljavanje mrežne veze nakon prekida rada (kvar, napad) je jedan od pokazatelja pouzdanosti. Mrežni administratori većinom dodjeljuju ocjenu za pouzdanost u obliku brojačanih vrijednosti.

Kašnjenje se definira kao vrijeme potrebno za prijenos podatkovnog paketa od izvorišta do odredišta. Ovisi o propusnosti, redovima čekanja na usmjerivačima, zagušenost mreže i fizičkoj udaljenosti koju paket treba prijeći.

Propusnost se odnosi na kapacitet mrežne veze odnosno maksimalni protok podataka putem komunikacijskog kanala. Rute sa većom propusnosti nisu ponekad bolje od ruta sa sporijom vezom, u slučaju da je brza veza zagušena, paket do odredišta može prije doći putem sporijih ruta ali nezauzetih veza.

Opterećenje predstavlja stupanj zauzetosti mrežnog resursa. Proračunava se kao broj obrađenih podatkovnih paketa u sekundi ili kao iskorištenost CPU (eng. *Central Procesing Unit*) jedinice.

Cijena predstavlja troškove rada, koji ponekada u određenim tvrtkama mogu biti značajniji od performansi. U nekim slučajevima bolje je koristiti sporije veze koje su u vlasništvu dane tvrtke nego brže veze, jer se naplaćuje korištenje.¹¹

2.5 Osnove VoIP tehnologije

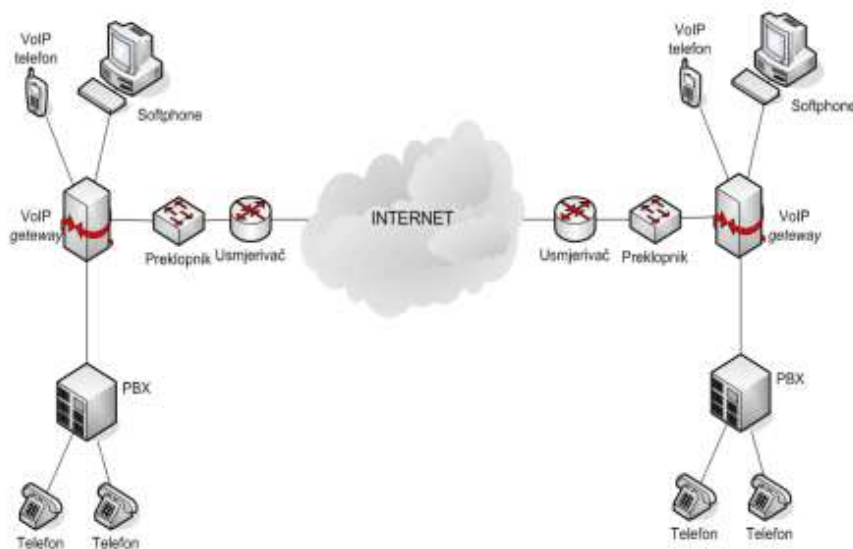
VoIP mrežna tehnologija zasniva se na TCP/IP standardu te sadržava osnove kao većina IP sustava. Općenito se u prvom redu gleda na OSI (eng. *Open Systems Interconnect*) referentne slojeve od kojih VoIP sustav sadržava pet: fizički sloj (bakrena parica, priključak, napajanje, optički kabel i radio veze), podatkovni sloj (Data Link – medij za detekciju pogrešaka u prijenosu podataka), mrežni sloj (određeni algoritmi usmjeravanja podataka te definiranje adresne sheme i rute za mrežna sučelja), transportni sloj (TCP i UDP protokol), aplikacijski, prezentacijski i sesijski sloj. U VoIP sustavu VoIP poslužitelji su zajednička povezna točka gdje za izravni prijenos podataka su zaslužni softverski bazirani serveri gdje je omogućeno pozivanje ostalih VoIP aplikacija korištenjem odnosno putem Ethernet sučelja.

¹¹ Ibid

Radnje koje obuhvaćaju VoIP serveri na strani korisnika spajanjem različitih komunikacijskih načina i protokola su: primanje poziva, upravljanje komunikacijom (tradicionalni *Private Branch Exchange* – PBX sustav), snimanje poziva i automatski odgovor (samostalni uređaji – sekretarica), konferencijski razgovor (dva ili više sudionika), pristupno sučelje (spajanje standardnih telefona i PBX uređaja u IP sustav) i izravno povezivanje različitih analognih, digitalnih i IP krajnjih točaka konvertiranjem različitih audio *codeca* u realnom vremenu. U pogledu LAN (eng. *Local Area Network*) mreže kranje točke se spajaju općenito RJ- 45 10/100 BaseT mrežnim sučeljem, uobičajeno namijenjeno u malim i srednjim tvrtkama. Za spajanje standardnih telefon u TCP/ IP mrežu koriste se još adapteri kao što je ATA (eng. *Analog Telephone Adapter*). U sličnosti prema PSTN-u, VoIP mreži moguće je pristupiti izravnim biranjem ili biranjem sa pristupnim brojem (pozivi upućeni direktno sa mobitela ili fiksnog telefona).¹²

2.6 Općenita arhitektura VoIP mreže

Komponente koje sačinjavaju javnu telefonsku mrežu (PSTN) također su dio VoIP mreža, iako imaju različitu tehnologiju i drugačiji pristup davanja glasovnih usluga. Pri tome VoIP mreže moraju biti u mogućnosti pružati sve funkcionalnosti kako i pružaju javne telefonske mreže uz dodatak davanja usluga prijenosa podataka i signala na postojanu javnu mrežu. Na slici 2. prikazana je VoIP arhitektura mreže sa osnovnim dijelovima.



Slika 2. VoIP arhitektura mreže

Izvor: <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf>

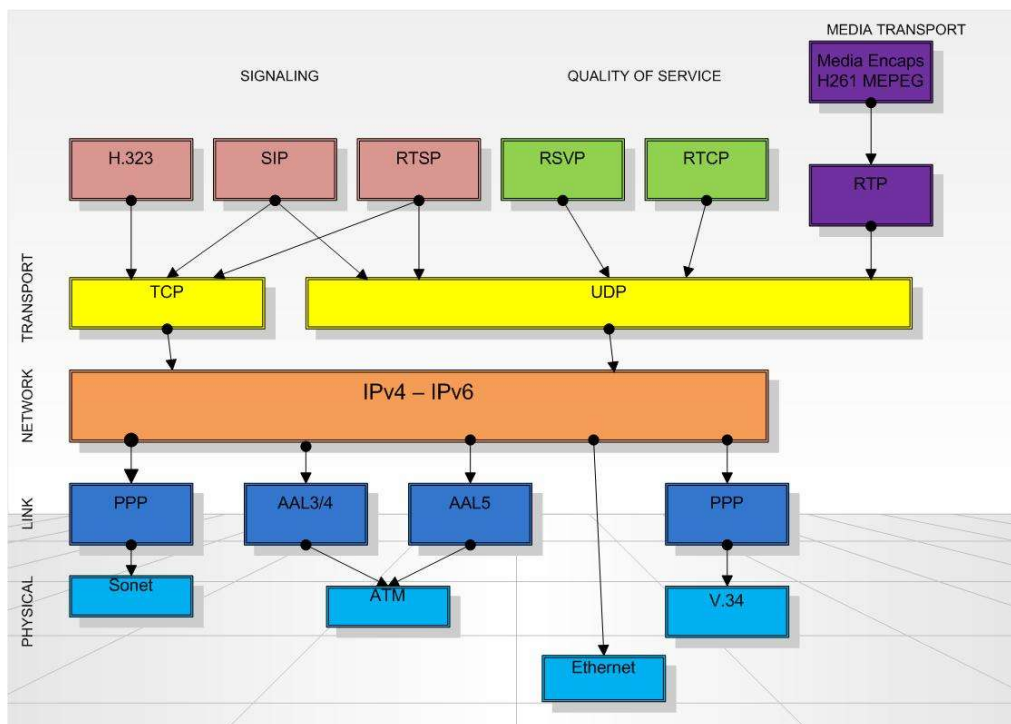
¹² Ibid

VoIP se sastoji od četiri glavne komponente:

- Mrežna Infrastruktura – predstavlja logičku glasovnu mrežu distribuiranu preko IP okosnice. Zadatak je pružati konekciju i prijenos glasovnih paketa preko mreže, te bez ikakvih poteškoća omogućiti prijenos glasovnih paketa.
- Procesori (kontroleri) poziva – koriste se za uspostavljanje i nadziranje poziva, autorizacije korisnika, kontroliranje brzine prijenosa (eng. *bandwidth*) te davanja usluga telefonskih usluga.
- Prevodioci (eng. *Media/Signaling Gateways*) – koji imaju za zadatak stvaranje poziva, detekcije poziva, pretvaranje glasa iz analognog u digitalni format (nastajanje glasovnih digitalnih paketa), samim time omogućuju prelazak između tehnologija kao npr. prelazak iz IP u ISDN (eng. *Integrated Switched Digital Network*) tehnologiju.
- Korisnički VoIP terminali – donošenjem VoIP tehnologije porasla je i potreba za efikasnijim proizvodima koji olakšavaju upotrebu određenih mogućnosti koji prelaze „obične“ telefone. Ti proizvodi sadržavaju osnovne funkcionalnosti koje daju iste mogućnosti kao konvencionalni telefoni. Tu su još konferencijski i mobilni VoIP terminali, konferencijski omogućuju korisniku koordiniranje tradicionalnih podatkovnih usluga (npr. što se prikazuje na monitorima na oba kraja razgovora), dok sa druge strane mobilni predstavljaju bežične VoIP jedinice koje postaju sve više popularne i danas gotovo u svakoj organizaciji već imaju ugrađene osnove 802.11Q mrežne komponente.
- OSOBNA RAČUNALA (eng. *Soft Phone*) – uz određena mrežna sučelja te aplikacijom i jeftinom konekcijom na Internet, svako računalo može biti korišteno kao VoIP komponenta.¹³

¹³ <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf>

Na slici 3. prikazana je cijela protokolarna arhitektura VoIP sustava. Sastoji se od niza protokola nižih i viših slojeva koji će biti naknadno objašnjeni u sljedećim poglavljima. Niži slojevi služe protokolima viših slojeva, kako bi imali mogućnost slanja i primanja podataka između raznih lokacija na mreži.¹⁴



Slika 3. Protokolarna arhitektura VoIP sustava

Podaci od: http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2001/govor_slike/3.jpg

2.7 Platforme za IP telefoniju

Smanjenje operativnih troškova u poslovnim organizacijama je glavni izazov i također važan faktor u korisnikovom prihvatanju nove tehnologije. Pojavom PBX (eng. *Private Branch Exchange*) centrale zaposlenici unutar organizacije ne moraju plaćati vlastitu telefonsku liniju od lokalne telefonske kompanije do svojeg ureda. Potpuno iskorištenje PBX sustava donosi nove VoIP platforme. Jedni od najpoznatijih su:¹⁵

- Asterisk
- 3CX

¹⁴ http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2001/prijenos_govora.htm#2

¹⁵ http://www.fpz.unizg.hr/zto/PRSUS/Telefonski_sustavi.pdf

Asterisk pruža interoperabilnost između lokalnog sustava i PSTN mreže. Jedan od najpoznatijih „otvorenih“ platformi koji predstavlja softversku verziju telefonske IP centrale (eng. *Private Branch Exchange* – PBX). Temelji se na Linux platformi, te pruža mogućnost uspostavljanja poziva sa računala preko podatkovne mreže. Upotreba Asterisk sustava donosi znatno smanjenje operativnih troškova, a pruža visoku razinu funkcionalnosti pa skoro i istu u odnosu na skupocjene sustave.

Osnovne karakteristike:

- Podržava veliki broj protokola za signalizaciju (SIP, MGCP i H.323)
- Podržava analogne i digitalne interfejsa i IP telefone.
- Podržava servise za poslovni PBX
- Mogućnost promjene plana biranja
- Automatsko prosljeđivanje poziva
- AGI (eng. *Asterisk Gateway Interface*) – potpuna kontrola telefonskog sustava
- IVR (eng. *Interactive Voice Respond*) sustav¹⁶

3CX je softverski server koji se temelji na SIP standardu, namijenjen izgrađen isključivo za Microsoft platformu. Predstavlja jednostavno i intuitivno sučelje koje omogućuje mnogim tvrtkama integraciju brojnih UC rješenja (eng. *Unified Communications*). 3CX ne zahtjeva dedikirani server te se može instalirati kao dodatan servis na nekih od postojećih Microsoft servera, čime se postiže smanjenje troškova ulaganja. Dizajniran je kao optimalno rješenje za tvrtke manje do srednje veličine. Ima odlično iskorištenje mogućnosti Microsoft platforme te jednostavnost i pristupačnost pružaiskusnom Microsoft osoblju da sami administriraju sustav što isto tako smanjuje operative troškove. 3CX zamjenjuje dosadašnji telefonski sustav, jer je u svojoj jezgri VoIP telefonska centrala, što omogućuje novu dimenziju kvalitete telefonskih razgovora tzv. HD VoIP.¹⁷¹⁸

¹⁶ <http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/misc/asterisk-whitepaper.pdf>

¹⁷ https://www.callidus.hr/3cx_phone_system.php

¹⁸ http://verakom.hr/voip_i_uc.php

3. VoIP protokoli za prijenos zvuka

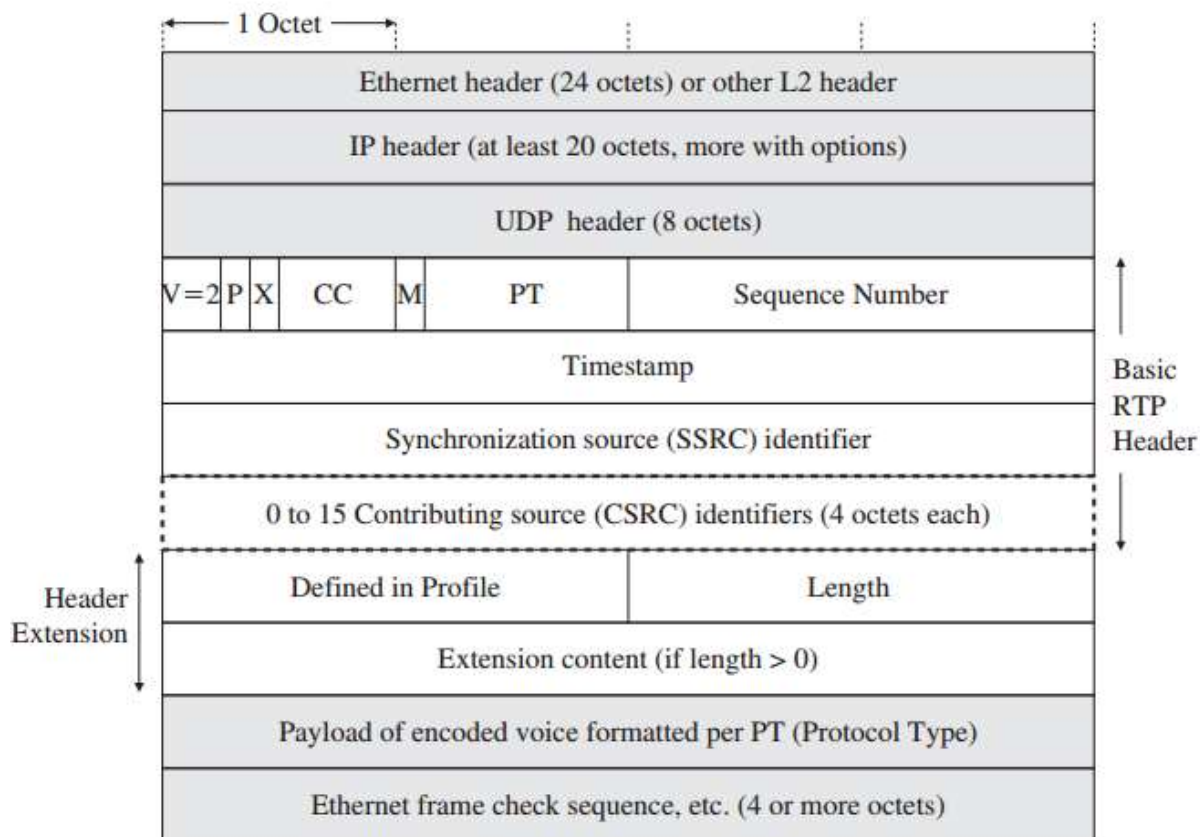
Većina multimedijских aplikacija zahtjeva prijenos u stvarnom vremenu gdje audio i video podaci moraju biti reproducirani kontinuirano. Ako podatak ne dođe do svojeg odredišta na vrijeme, pokrenuta reprodukcija će biti prekinuta. U IP telefoniji ljudska tolerancija za latenciju iznosi oko 250 milisekundi. Ako latencija bude veća od granice, glas će zvučati kao preusmjereni poziv preko dugog satelita i korisnici će se žaliti na kvalitetu poziva. Za uzrok kašnjenja, mrežno opterećenje također ima utjecaj na promet u stvarnom vremenu te ako je mreža opterećena, vrijeme prijenosa od izvorišta do odredišta podataka će biti duža i *real-time* prijenos će biti odbačen. Ukoliko se na nedostatke ne postupi u pravo vrijeme, retransmisija izgubljenih paketa će se pogoršati i time će se uzrokovati zagušenje mrežnog prometa. Za rješenje ovih nedostataka koriste se transportni protokoli, koji preuzimaju odgovornost u svoje ruke što se tiče problema tempiranja te audio i video podaci će biti u mogućnosti kontinuirane reprodukcije sa točnim vremenom i sinkronizacijom.¹⁹

3.1 Real-Time Transport Protocol - RTP

Protokol prijenosa u stvarnome vremenu (RTP) uključuje prijenos govora (audio) i podataka (video). Sastoji se od podatkovnog i kontrolnog RTCP (eng. *Real time Transport Control Protocol*) dijela gdje podatkovni služi za pružanje podrške aplikacijama u stvarnome vremenu (vremenska rekonstrukcija, detekcija gubitaka, identifikacija sadržaja).

Uz dodatak glasovnoj informaciji, svaki VoIP paket treba nekoliko zaglavlja da se ustanovi kako će mreža postupiti sa tom informacijom. Prvo zaglavlje koje je dodano glasovnoj informaciji je RTP protokol, kako je prikazano na slici 4.

¹⁹ http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-97/ftp/ip_multimedia/#multimedia



Slika 4. RTP zaglavlje

Izvor: *VoIP and Unified Communications Internet Telephony and the Future Voice Network*; Str 55

Funkcije pojedinih polja u zaglavlju RTP prokola:

- V=2; verzija RTP protokola (dužina 2 bita). Prijašnje verzije su zastarjele.
- P=1; dopuna (dužine 1 bit). Ovisno o broju bita koji je postavljen u ovom polju, paket sadrži jedan ili više dopuna na kraju paketa. P=0 znači da nema dopune.
- X=1; indikator postojanja širenja (dužine 1 bit). Proširenje se nalazi između standardnog zaglavlja i korisničkog sadržaja.
- CC (4 bita); brojač sudionika (do 15). Opcionalno izvorno polje odmah nakon SSRC (eng. *Synchronization Source Identifier*) polja odnosno definira broj sudionika čiji se podaci nalaze nakon zaglavlja.
- M; marker, postavljen na 1 za prijenos određenog sadržaja u profil sustava.
- PT (eng. *Payload Type*); pokazuje vrstu korisničkog sadržaja ili kako presresti korisnički sadržaj na prijemniku. Neki PT-i su definirani u RFC-u 3551.

- SN (eng. *Sequence Number*); započinje sa nasumičnim brojem i inkrementira po 1 za svaki poslani paket. Prijemnik SN broj može koristiti za detekciju izgubljenih paketa i za osiguravanje da dostavljeni paket dođu u pravom redoslijedu.
- *TimeStamp*; vrijeme nastanka. Ovo vrijeme omogućuje prijemniku da izračuna *jitter* i sinkronizira reprodukciju za različiti *streaming*, na primjer, zvukovnog ili video konferencijskog poziva.
- SSRC; identifikator izvora. Nasumični broj koji bi trebao biti univerzalan unutar RTP sesije. Svaki izvor (mikrofon, kamera) ima svoj univerzalni broj koji omogućuje prijemniku da zadrži pakete zajedno kada se nazad reproducira. SSRC nije namijenjen za višestruki *streaming*.
- EH (eng. *Header Extension*); dužina zaglavlja
- CSRC (eng. *Contributing Source*); lista sudionika. P2P veza neće imati CSRC. Pokazuju se sudionici na osnovu kojih je mikser formirao zbirni tok podataka, od koji nakon toga formira izvorne podatke u obliku SSRC-a. Njihov broj je definiran u CC polju. Korisnici dobivaju brojeve od 0 do 15 i svaki od njih je dužine 32 bita (maksimalno 15 korisnika). Ovo polje ima neki broj samo u slučaju da u polju X postoji proširenje.

RTP zaglavlje pruža usluge koje su dizajnirane za *streaming*, kao što je prijenos zvuka, videa ili pokretne slike gdje se zahtjeva CBR (eng. *Constant-Bit-Rate*) povezivost. Ovaj tip zaglavlja identificira format prometa, gdje radi u vezi sa odvojivim profilom aplikacije. Značenje pojedinih polja ovisi o tome kako su definirani izvana RTP specifikacije. RTP ne zahtjeva poseban broj porta (za UDP ili TCP) kada se šalje ili prima informacija, ali kada se komunicira kroz NAT (eng. *Network address translation*) *Firewall* na aplikacijskom sloju, RFC 4961 zahtjeva sesiju primanja i slanja na istom soketu (IP+broj porta), inače nazvan kao simetrični RTP koji omogućuje da odgovore prosljeđuje prema NAT-u, zato što su adresirani na izvoru koji je otvorio port na *Firewall*-u sa odlaznim paketom

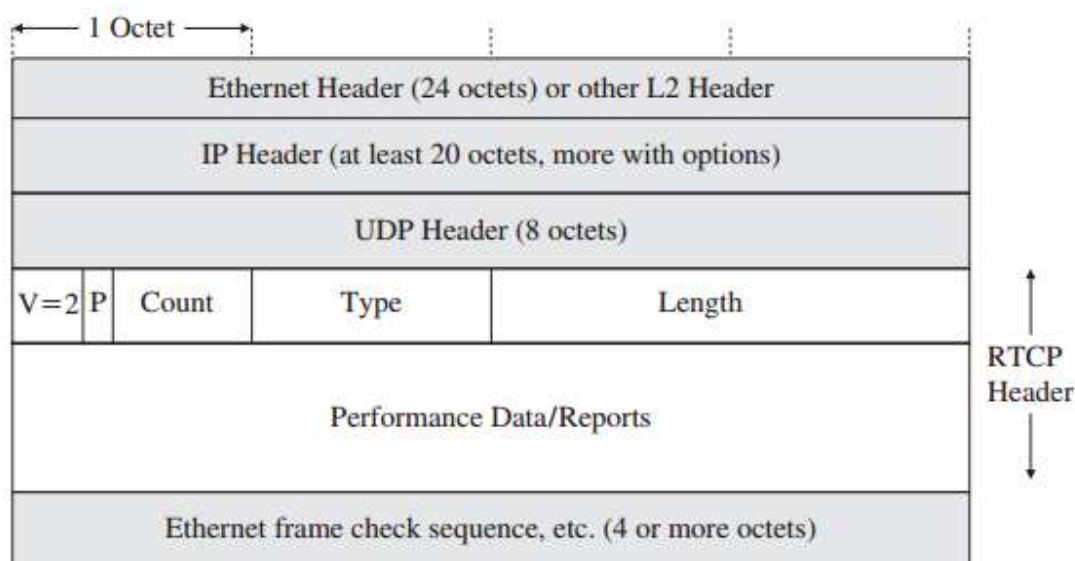
Ovakvo ponašanje *Firewall*-a, da otvori port za povratne pakete kada *host* šalje pakete vani može biti ograničeno. *Firewall* neće pustiti pakete u LAN mrežu:

- Ako su adresirani na *host* IP, koji je otvorio *pinhole*, ali ne za isti port
- Ako nisu od određene IP adrese koja se nalazi u paketu koja je otvorila *pinhole*²⁰

²⁰ A. Flanagan William; VoIP and Unified Communications Internet Telephony and the Future Voice Network; Str 54.

3.2 Real -Time Control Protocol - RTCP

RTCP radi u suradnji sa RTP protokolom, zadužen za periodično obavješćavanje o trenutnom kvalitetu prijema RTP toka te identifikaciji trenutnih korisnika u vezi. Prvenstveno se misli na sinhronizaciju audio i video signala na prijemu, a oni se prenose različitim RTP tokovima. Na slici 5. prikazano je RTCP zaglavlje, koje je jako slično RTP zaglavljju, jedina razlika je što nosi izvještaj o slanju.



Slika 5. RTCP zaglavlje

Izvor: *VoIP and Unified Communications Internet Telephony and the Future Voice Network*; Str 57.

RTCP paketi nalikuju na RTP pakete. Alternativne strukture ovise o tipu RTCP paketa, inače su sastavljeni od 4 okteta. Kao RTP, RTCP preko UDP-a šalje i prima različite brojeve porta (nesimetrična veza). Simetrični RTCP ima isti IP i port u uređaju za slanje i primanje RTCP poruka.

Tipovi poruka:

- SR (eng. *Sender Report*); podijeljen u tri sekcije:
 1. Pošiljateljski SSRC koji broji izvještajne pakete i dužinu tih paketa
 2. Pošiljateljska informacija o NTP-u i RTP vremenu nastanka (*time stamps*) te broji RTP pakete i oktete
 3. Izvještaj o primljenoj datoteci od SSRC-a, uključujući izgubljene pakete, *jitter* i kašnjenje.
- RR (eng. *Receiver Report*); isti kao SR, osim stavke 1, ušteda 20 okteta

- SDES (eng. *Source Description*) uključujući CNAME (eng. *Canonical Name*) ime za izvor
- BYE; kraj, treba biti posljednja poruka od strane SSRC-a
- APP; funkcija definirana za aplikacije

Svaki SR paket može dati izvještaj o primitku od 31 različitih izvora u *multicast*-u. Svaka dva RTCP paketa se spajaju u jedan paket kako bi se minimizirao proces *overhead*-a između usmjerivača. Prvi paket mora biti RS ili RR, bez obzira da li je datoteka poslana ili primljena. Drugi paket mora pokazati CNAME. Svaki izvor bi trebao identificirati CNAME za nove sudionike što je prije moguće, što govori zašto je uopće RTCP dizajniran pri čemu za svaku poruku sadržava CNAME u SDES paketu.

Ključna funkcija RTCP protokola je da sinkronizira različita vremena nastanka (*time stamp*) jer svaki medijski *stream* ima različiti *time stamp rate* koji započinje od nasumične točke.²¹

3.3 Real-Time Streaming Protocol - RTSP

Protokol aplikacijskog sloja zadužen za kontrolu nad dostavom paketa u stvarnom vremenu. Uz svoj proširivi okvir ima mogućnost kontrole dostave paketa na zahtjev u stvarnom vremenu (audio, video). Namijenjen za kontrolu isporuke sesija sa više podataka, za odabir kanala isporuke osigurava uvjete (UDP, TCP i UDP većem broju) te za odabir isporuke mehanizmu baze na RTP također osigurava uvjete.

RTSP može koristiti RTP za slijed podataka pod kontrolom ali rad RTSP-a koji se inače koristi za prijenos kontinuiranih sadržaja ne ovise o transportnom mehanizmu. U velikoj je sličnosti sa HTTP (eng. *Hyper Text Transfer Protocol*) protokolom u pogledu proširenja mehanizma prema čemu se HTTP u većini slučajeva može dodati u RTSP.

Međutim, postoji nekoliko razlika u odnosu na HTTP:

- Ima različite identifikatore protokola te RTSP uvodi niz novih metoda
- Za razliku od stanja HTTP-a, RTSP poslužitelj treba održavati stanje u gotovo svim slučajevima
- Mogućnost zadavanja zahtjeva od strane RTSP poslužitelja i korisnika
- Mogućnost prijenosa podataka izvan pojasa sa različitim protokolima
- U skladu s trenutnim naporima u pogledu HTML (eng. *HyperText Markup Language*), RTSP je definiran da koristi ISO 10646 umjesto 8859-1.²²

²¹ Ibid, Str 57

RTSP je klijent-server multimedijски prezentacijski protokol. Nema nikakav utisak na RTSP vezu. Osim toga, server održava označenu sesiju od strane identifikatora. Tijekom RTSP sesije, klijent odnosno korisnik može otvoriti ili zatvoriti mnoge pouzdane prijenosne veze prema serveru, gdje se alternativno koristi protokol bez uspostavljanja konekcije kao što je UDP.

RTSP protokol ima mogućnost pauziranja reprodukcije, ubrzavanja unaprijed te vraćanja unazad kroz sadržaj, što po funkcionalnostima je jako slično kao DVD *Player* (eng. *Digital Versatile Disc*). *Media* server pruža usluge kao reprodukcija ili snimanje sadržaja za medijsko strujanje u vrijeme korisnikovih zahtjeva od servera. RTSP podržava sljedeće operacije:

- Dohvaćanje multimedijskog sadržaja sa servera – klijent može zatražiti opis prezentacije preko HTTP protokola ili nekom drugom metodom. Ako je prezentacija *multicast* tada njen opis sadrži adresu i port koji se koristi za prijenos podataka. Ako bi prezentacija trebala biti *unicast* tada klijent određuje na koju će se slati.
- Pozivanje servera da se pridruži konferenciji – server može biti pozvan da se pridruži postojećoj konferenciji ili da bi server slao podatke ili da bi ih snimao
- Dodavanje novih medija postojećoj prezentaciji – korisno je ako server može obavijestiti klijenta da su dodatni materijali postali raspoloživi.²³

3.4 Resource Reservation Protocol - RSVP

Protokol za rezervaciju mrežnih resursa (RSVP) za zadržavanje određene kvalitete usluge koristi zauzimanje mrežnih resursa. RSVP protokol dozvoljava *multicast* (prijenos poruka od jednog izvora prema većem broju korisnika) odnosno rezervaciju kanala ili puteva na Internetu za prijenos poruka ili video signala koji zahtijevaju veliku širinu frekvenijskog pojasa. Spada u dio IIS (eng. *Internet Integrated Service*) modela koji daje mogućnost osiguravanja isporuke sadržaja bez garancije (*best effort*) u stvarnome vremenu i kontrolirano dijeljenje veze. RSVP također podržava *unicast* (prijenos poruka iz jednog izvora samo jednom odredištu) i *multi-source* (prijenos poruka iz više izvora prema jednom odredištu).²⁴

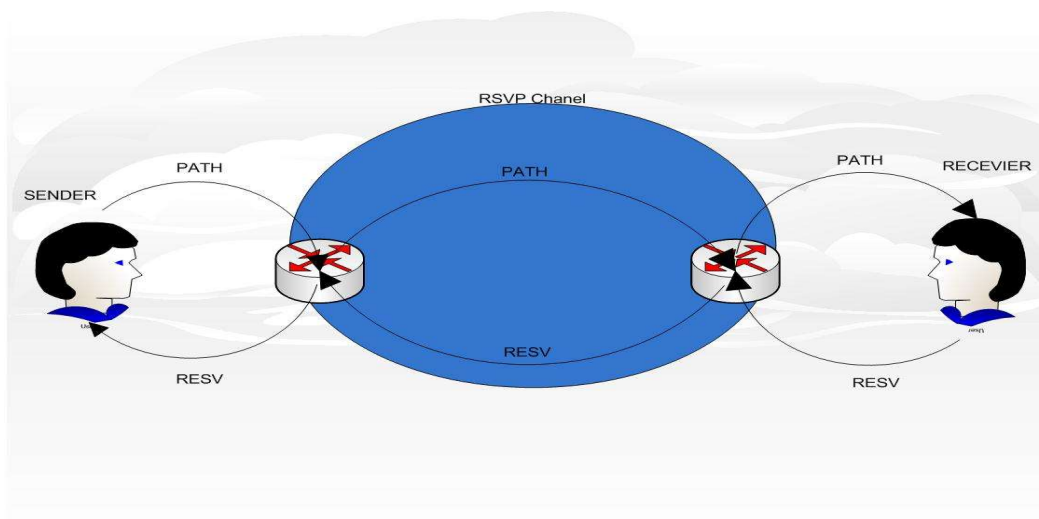
Za uspostavu i održavanju rezervacije rad RSVP protokola se temelji na periodičnoj transmisiji i obradi *Path* i *Resv* poruka. Pošiljalci generiraju *Path* poruke koje sadržavaju informaciju o specifikaciji toka pošiljalca, primatelji prema pošiljateljima prenose *Resv* poruke nazad i izvode rezervaciju resursa. Prosljeđivanje

²² <http://www.informatika.buzdo.com/pojmovi/tcp-ip-9.htm>

²³ <http://www.cse.wustl.edu/~jain/books/ftp/rtp.pdf>

²⁴ Ibid

između mrežnih čvorova *Resv* poruke se izvide *hop-by-hop* metodom korištenjem rezervirane putanje. Tu se nalaze još *ResvConf* poruke koje primatelju služe kao potvrde uspješne rezervacije. Na slici 6. prikazan je primjer uspostave i održavanja rezervacije.



Slika 6. RSVP primjer uspostave i rezervacije mrežnih resursa

Podaci od:

<http://ids.nic.in/jces%20tnl%20oct%202008/Q%20of%20S/Q%20of%20S.htm>

U slučaju gubitka poruke nakon isteka *soft state* vremenskog intervala osvježavanja koji iznosi 30 sekundi će se izvršiti retransmisija. Ovaj problem se rješava tako da se uvede mehanizam za kontinuirano osvježavanje *timer*-a, sve dok prijemni čvor ne potvrdi njem prijem. Isto tako, ako je veličina poruke veća od MTU vrijednosti (eng. *Maximal Transmission Unit*), poruka će se fragmentirati. Usmjeritelji ne mogu detektirati niti vršiti obradu fragmenta RSVP poruka.

Najveća prednost RSVP-a je mogućnost aplikacije da točno definira rezervacijske zahtjeve za tok i čvrsta garancija kvalitete usluge za prihvaćeni tok te dodatne prednosti kao što su: pouzdanost, prilagodljivost i dinamička promjena *soft state* rezervacije. Prilagođenost primatelja čini pogodnim za višeodredišne i heterogene skupine. Primatelj bira razina kvalitete usluge i stvara rezervaciju te može birati jedan ili više RSVP tokova što omogućava heterogenim primateljima da zatraže različite kvalitete usluga koje odgovaraju njihovim potrebama.

Da bi se postigla zatražena kvaliteta usluge, QoS upravljački uređaji određuju kako podesiti parametre veze koje RSVP distribuira. RSVP QoS parametre tretira kao nevidljive podatke koji se moraju isporučiti kontrolnim modulima u usmjeriteljima gdje se interpretiraju po potrebi. Ovakav način odvajanja pojednostavljuje RSVP i prema novim mrežnim tehnologijama i primjenama ga čini veoma prilagodljivim.²⁵

25

https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/QoS_sinalizacija_u_viseusluznim_mrezama_sljedece_generacije.pdf

4. VoIP protokoli za signalizaciju

U telekomunikacijskoj mreži signalizacija između mrežnih elemenata (terminala, baza podataka, čvorišta) omogućava razmjenu odnosno prijenos „upravljačkih“ informacija kako bi se omogućilo:

- uspostavljanje, nadzor i raskidanje telekomunikacijske veze i usluga
- razmjena informacija između raznih baza podataka
- upravljanje mrežama

Za razliku od mreža s komutacijom kanala (PSTN/ISDN, PLMN) gdje su govorna i signalna veza stalno uspostavljeni između dva korisnika kod mreža sa komutacijom paketa (VoIP) su mreže koje se upotrebljavaju po potrebi.

Tri najpopularnija protokola za signalizaciju koje koriste današnji VoIP sustavi za uspostavu poziva, H.323 ili SIP (eng. *Session Initiation Protocol*) i protokola za kontrolu pretvornika medija (eng. *Media Gateway Control Protocol*). Preko IP protokola implementacija protokola za prijenos govora i slike uvijek se obavlja u aplikacijskom sloju OSI referentnog modela.

Signalizacijske strukture u VoIP rješenjima moraju udovoljiti sljedećim zahtjevima:

- Omogućiti funkcionalnost potrebnu za uspostavljanje, upravljanje i prekidanje poziva i veza;
- Skalabilnost, mogućnost podrške za veliki broj registriranih krajnjih uređaja i istodobnih poziva;
- Omogućiti pružanje kvalitete usluge prema zahtjevu krajnjega uređaja;
- Fleksibilnost, mogućnost brzoga uvođenja nove funkcionalnosti;
- Standardiziranost, što omogućuje interoperabilnost između rješenja različitih proizvođača;
- Omogućiti upravljanje mrežom, naplaćivanje usluga.²⁶

²⁶ Ibid

4.1 H.323 standard

H.323 predstavlja skup protokola koji definira multimedijску komunikaciju preko lokalnih računalnih mreža (eng. *Local Area Network* – LAN) te spada pod udrugu ITU (eng. *International Telecommunication Union*) uz pretpostavku pružanja nezajamčene kvalitete usluge (QoS).

Svojstva:

- standardna kompresija/dekompresija,
- povezivanje različite opreme,
- neovisnost o mreži,
- neovisnost o opremi i aplikaciji,
- podrška za konferencijsku vezu,
- nadzor mreže i
- podrška za komunikaciju s više krajnjih točaka.

Komponente H.323 standarda:

- Terminal – osnovni element svake H.323 zone
- Pristupnik (eng. *gateway*) – uređaj koji se nalazi u čvorovima mreže, služi kao most između H.323 zone i neke druge mreže te osigurava prelazak između IP i ISDN tehnologija.
- *Gatekeeper* – U H.323 zoni nadzire rad ostalih komponenti, također koristi se i u klasičnoj telefoniji odnosno telefonskoj centrali). Uloga *gatekeeper*-a:
 1. Kontrola broja uspostavljenih VoIP poziva kroz mrežu (uslijed prevelikog istovremenog broja VoIP poziva eliminira se pojava zagušenja)
 2. Pohranjivanje biranih telefonskih poziva odnosno brojeva u IP adrese odredišnih VoIP *gateway*-a
- MCU (eng. *Multi-point Control Unit*) – komponenta za kontrolu *multi-point* konferencija odnosno kontrola dvije ili više točaka „spojenih“ u konferenciji. Sadrži *Multi-point* kontroler (MC) koji ima za zadatak nadgledati uspostavljene pozive, također tu je i *Multi-point* procesor (MP) kako bi bio u mogućnosti upravljati medijima (prebacivanje između jednog u drugi medij).

H.323 kao najkompleksniji standard ujedno i najpotpuniji za video konferencije sadrži široko područje multidiscipliranog problema, prema tome potreban je u ovom području radi osiguravanja kompatibilnosti opreme različitih proizvođača i rješavanja kompleksnosti problema.²⁷

²⁷ Ibid

Standard obrađuje:

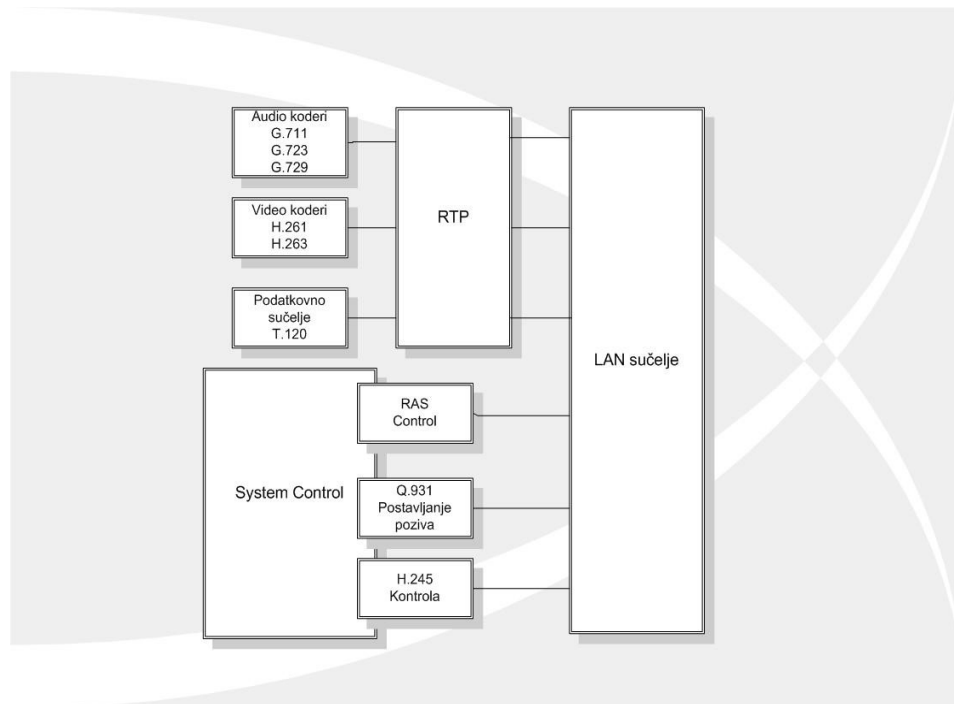
- prijenos govora i slike u realnom vremenu,
- prijenos tekstualnih poruka,
- kontrola kvalitete veze,
- kompresija govora i slike,
- uspostava veze, autorizacija i registracija te
- definiranje međudjelovanja mreža.

Protokoli koji specificiraju H.323:

- audio i video koderi
- H.225 *Registration, Admission and Status* (RAS) – kontrolira odnosno regulira pristup, prijavu i status te se koristi za uspostavljanje komunikacije između terminala i H.323 *gatekeeper*-a
- H.225 *Call Signaling* – kod uspostave veze koja se odvija između krajnjih točaka odnosno H.323 terminala, obavlja signalizaciju kroz kontrolni kanal.
- H.245 *Control Signaling* – razmjenjivanje poruka između krajnjih točaka po H.245
- *Real-time transport Protocol* (RTP) definiran RFC dokumentima RFC1889 i RFC3550 – transportni protokol, zadužen za prijenos informacija u stvarnom vremenu odnosno najviše zadužen za prijenos slike i zvuka. Koristi se za interaktivne usluge (Internet telefonija), te svaka informacija koja se šalje sastoji se od kontrolnog i podatkovnog dijela gdje se kontrolni dio sastoji od određenih podataka potrebnih za vremensku sinhronizaciju, sigurnost, identifikaciju sadržaja i detekciju gubitaka u prijenosu.
- *Real-time Control Protocol* (RTCP) – određen RFC dokumentom RFC3605 – u realnom vremenu pruža podršku za konferencije za grupe različite veličine. Pod podrškom spada identifikacija i autorizacija sugovornika, podrška za prijenos slike i zvuka, *real-time* prepoznavanje glasa i prevođenje na druge jezike (nekoliko glavnih europskih jezika na engleski uz uvjet potrebne brze veze) te pruža mogućnost praćenja kvalitete usluge konferencije voditelju i ostalim sudionicima koji imaju dozvoljenje.²⁸

²⁸ Ibid

Na slici 7. prikazano je kako protokoli međusobno funkcioniraju te njihov zajednički rad u sklopu H.323 standarda.²⁹



Slika 7. Dijelovi H.323 standarda

Podaci od: <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf>

4.2 SIP protokol

SIP (eng. *Session Initiation protocol*) je protokol donesen od strane IETF (eng. *Internet Engineering Task Force*) udruge. Zadatak mu je uspostavljanje poziva, modificiranje i raskid multimedijских usluga. U multimedijским sesijama mogu biti korisnici ili računalni mehanizmi (poslužitelji) za slanje podataka određenom prethodno pretplaćenom korisniku.

Za kreiranje sesije i definiranje parametara koristi se SIP poziv. Određeni parametri omogućavaju sudionicima prilagođavanje tipa medija koji se nalazi u toj sesiji. Kroz posredne (eng. *proxy*) i preusmjerivačke (eng. *redirect*) poslužitelje podržana je mobilnost korisnika preusmjeravanjem poziva na trenutnu lokaciju korisnika, time svoje nove lokacije na jednostavan način se mogu registrirati korisnici, koje se sa druge strane bilježe na SIP poslužiteljima.

²⁹ Ibid

Neovisno o transportnom mediju moguće je koncipirati protokol pa se može implementirati na bilo kojoj mreži. Bazira se na radu IP protokola, dok u transportnom sloju može koristiti ravnopravno TCP (eng. *Transmission Control Protocol*) i UDP (eng. *User Datagram Protocol*) protokole, gdje ipak se više upotrebljava UDP radi njegovih prednosti u transportu, sa druge strane TCP ima nedostatak to što zahtjeva potvrdu o primitku paketa dok UDP time nije ograničen i time omogućava razgovor u stvarnom vremenu.³⁰

Za rad SIP protokola upotrebljavaju se:

- RSVP (eng. *Resource reservation Protocol*) – potreban za rezervaciju mrežnih resursa i pomaže u smislu ostvarivanja određenog nivoa kvalitete usluge.
- RTP (eng. *Real Time Protocol*) / RTCP (eng. *Real Time Control Protocol*) / RTSP (eng. *Real Time Streaming Protocol*) – nalaze se u aplikacijskom sloju, služe za slanje podataka u realnom vremenu.
- SAP (eng. *Session Announcement Protocol*) – protokol korišten za objavljivanje multimedijalnih sesija
- SDP (eng. *Session Description Protocol*) – potreban za detaljan opis multimedijalnih sesija.

Poprilično je jednostavna implementacija SIP protokola, bazira se na HTTP (eng. *Hyper Text Transfer Protocol*) protokolu te ima veliku sličnost u pogledu posjedovanja tekstualne reprezentacije poruka te otklanjanje pogrešaka i analizu ispravnosti rada kod razvoja.³¹

SIP sustav sastavljen je od dva osnovna dijela:

- Korisnički agent (eng. *User Agent – UA*) – kao kombinacija između poslužitelja i klijenta sustav radi za korisnika te se nalazi u krajnjim točkama i uvijek se dijeli na dva segmenta:
 - Korisnički agent klijent (eng. *User Agent Client – UAC*) – potreban odnosno odgovoran za generiranje zahtjeva
 - Korisnički agent poslužitelj (eng. *User Agent Server – UAS*) – zadužen za odgovaranje zahtjeva od strane UAC.
- SIP poslužitelj ili mrežni poslužitelji smatrani kao neophodni za uspostavu veze između terminala, pružaju dodatnu funkcionalnost. Obuhvaćaju funkcionalnost *gatekeeper*-a koji se nalazi u H.323 standardu. Tom podjelom funkcija između poslužitelja postignuta je preglednost i olakšana parcijalna implementacija standarda.

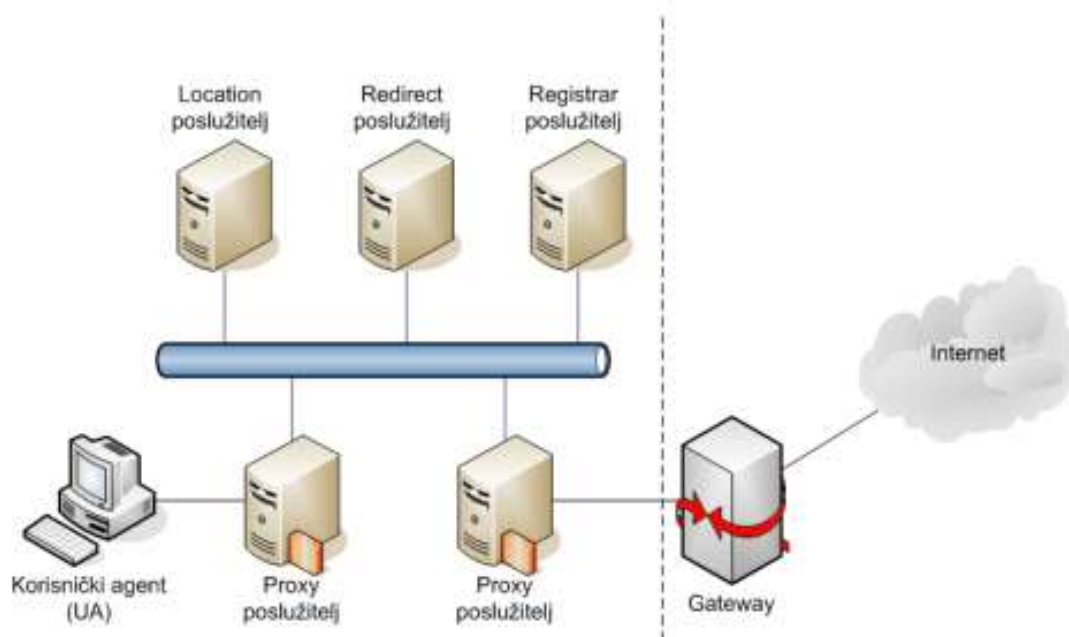
³⁰ Ibid

³¹ Ibid

Vrste SIP poslužitelja:

- Posredni (eng. *proxy*) poslužitelj – obuhvaća funkcije pronalaženja korisnika i prevođenje adresa, te tijekom rada može generirati zahtjeve ostalim poslužiteljima ili klijentima.
- Identifikacijski (eng. *registrar*) – prihvaća identifikacijske zahtjeve i najčešće se postavlja u sklopu sa *redirect* ili *proxy* poslužiteljem.
- Preusmjerivački (eng. *redirect*) poslužitelj – prihvaća i odgovara na zahtjeve sa 0 ili više mogućih adresa za uspostavu veze, gdje za razliku od *proxy* poslužitelja nije u mogućnosti poslati zahtjev niti uspostaviti vezu kao korisnički agent.
- Locirajući (eng. *location*) poslužitelj – korišten za pronalaženje trenutne lokacije korisnika (IP adrese).

Kroz mrežne komponente i njihovu funkcionalnost, definiran je SIP kao i H.323 te oba protokola odnosno standarda se koriste u proizvodnji opreme u smislu podrške kako za H.323 tako i za SIP. Na slici 8. prikazane su osnovne komponente SIP sustava.³²



Slika 8. Osnovne komponente SIP sustava

Izvor: <http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf>

³² Ibid

Osnovni zadatak SIP protokola je uspostava sesija odnosno veze između dva uređaja koja se može provesti izravno ili bez posredstva SIP poslužitelja. Na slici 9. prikazan je model telefonskog razgovora.



Slika 9. Model telefonskog razgovora

Izvor: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/11_voip-sip-h323-notes.pdf

SIP koristi *Invite* zahtjev za poziv na sudjelovanje u sjednici. Zahtjev *Invite* korisnički agent inicijalizira tako da vrijednosti zaglavlja postavi na početku sjednice na *From* i *Call-ID*. Navedene vrijednosti se koriste cijelo vrijeme za trajanje sesije u smislu njene identifikacije. Uspostava sesije se odvija preko tri poruke, *INVITE/200 OK/ACK*, sve ostale poruke kao *100 Trying* i *180 Ringing* nisu obavezne što se čak da ustanoviti iz kodova poruka koji se nalaze u skupini informacijskih neobveznih poruka. Raskid veze može se inicirati na bilo kojoj strani, slanjem poruke *BYE* a na drugoj sa *OK*.³³

Pored osnovne usluge koju nudi, pruža i niz naprednih usluga zbog svoje fleksibilnosti rada. U IP mrežama usluge mogu biti implementirane na tri mjesta u komunikacijskom putu:

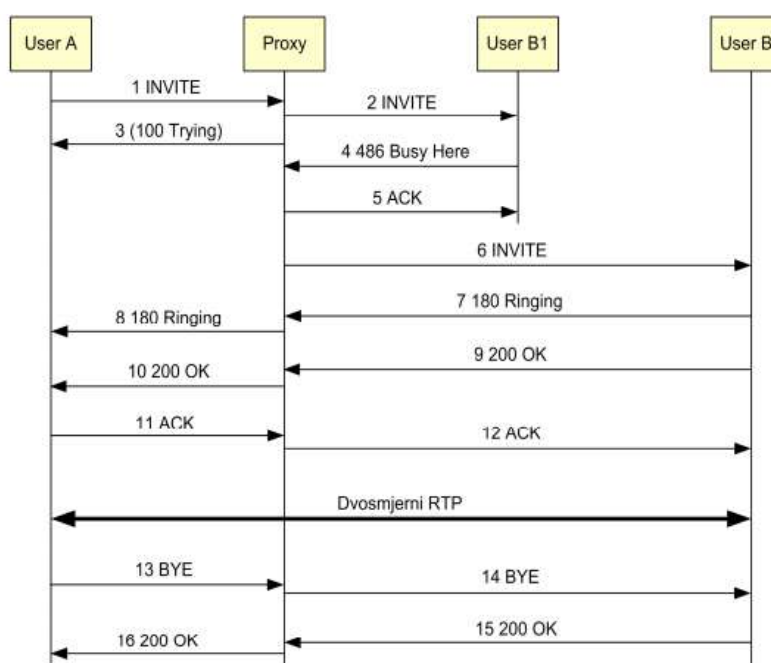
- poslužitelji; usluge se mogu implementirati u SIP poslužiteljima (*proxy, redirect, registrar i location*).
- pozivajući korisnički agent; usluga se može implementirati u terminalu pozivatelja, ne mora postojati logika niti on mora biti registriran. Pozivatelj sam odlučuje kako će sa pozivom, hoće li ga proslijediti na drugu kontakt adresu. S druge strane ova metoda može funkcionirati samo ako poslužitelj preusmjeri, a ne proslijedi poziv gdje nije pod utjecam korisnika usluga ne mora uvijek uspjeti.

³³ https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/11_voip-sip-h323-notes.pdf

- pozvani korisnički agent; usluga se može implementirati u terminalu pozvanog korisnika.

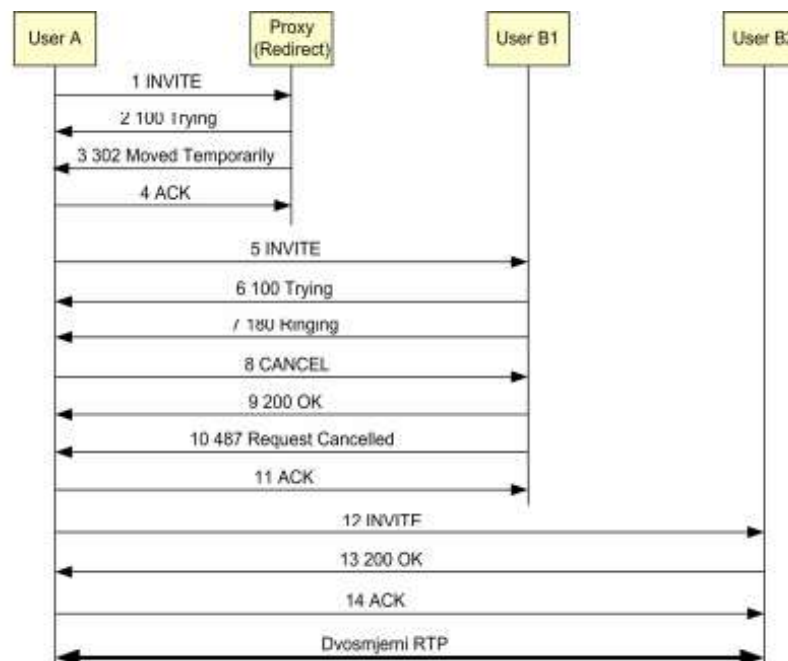
Kako se u PSTN – u usluge implementiraju u mreži (čvorovima) iz te činjenice lako je zaključiti da SIP nudi jednake ili veće mogućnosti izgradnje usluga u cilju uspostave veze. Jedna od prednosti SIP-a jest dislokacija inteligencije iz mrežnih SIP poslužitelja na periferiju u inteligentne terminale. Ovim postupkom korisniku je omogućena bolja kontrola nad pozivom i raspoloživim uslugama.

Ako dođe do slučaja zauzeća korisnika, vrši se preusmjeravanje na drugu lokaciju. Na slici 10. prikazan je proces preusmjeravanja poziva. Kada *proxy* dobije nalog da pozove korisnika B te na svoj *INVITE* zahtjev dobio *BUSY* odziv u tom trenutku odašilje novi *INVITE* prema drugoj lokaciji korisnika B. Informacija o drugoj lokaciji može se pozivatelju proslijediti kroz zaglavlje kontakt u odzivu 486 *Busy Here*. Uspostava veze se nastavlja kao i u osnovnom pozivu kombinacijom poruka *INVITE/OK/ACK*.



Slika 10. Sekvencijalni dijagram preusmjeravanja poziva u slučaju zauzeća korisničke linije

Izvor: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/11_voip-sip-h323-notes.pdf



Slika 11. Implementacija usluge preusmjeravanja u pozivajućem korisničkom agentu
Izvor: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/11_voip-sip-h323-notes.pdf

Preusmjeravanje u pozivajućem UA je još jedna od naprednih usluga SIP protokola. Na slici 11. Prikazan je primjer implementacije usluge preusmjeravanja u pozivajućem korisničkom agentu. Korisnik A kontaktira *Redirect* poslužitelj s upitom za korisnika B1, nakon toga *Redirect* poslužitelj vraća poruku *Moved Temporarily* sa dva *Contact* zaglavlja jedno s adresom B1 i drugo s adresom B2. Kasnije korisnički agent A pokušava uspostaviti vezu koristeći se adresom danom u prvom *Contact* zaglavlju. Nakon isteka vremenskog brojača korisnik A prekida uspostavu veze *CANCEL* zahtjevom te šalje novi *INVITE* zahtjev na adresu iz drugog *Contact* zaglavlja.³⁴

³⁴ Ibid

4.3 Media Gateway Control Protocol – MGCP

Protokol za kontrolu pretvornika medija je uređajni kontrolni protokol razvijen od strane IETF za kontrolu uređaja kao što je *Media Gateway* (MG) i IAD (eng. *Integrated Acces Devices*).

Protokol za kontrolu pretvornika medija je nadogradnja na prijašnju verziju protokola SGCP (eng. *Simple Gateway Control Protocol*) i podržava sve SGCP funkcionalnosti uz nekoliko poboljšanja. Sustavi koji koriste SGCP mogu migrirati na MGCP te nakon migracije sve sposobnosti prijašnjeg protokola su također na raspolaganju.

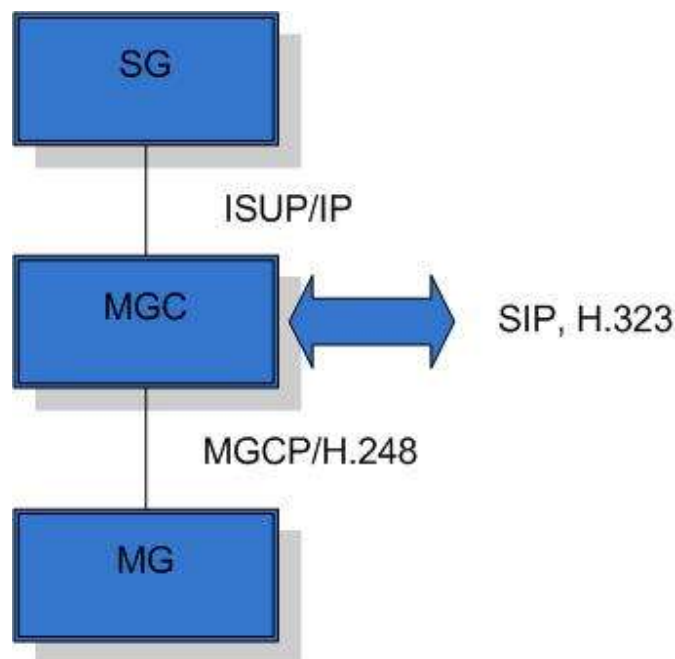
MGCP *gateway* upravlja prevođenje između audio signala i paketne mreže. Konfiguracijske komande za MGCP definiraju putanju između korisnika i *gateway*-a. MGCP koristi krajnje točke i vezu za konstruiranje poziva. Kranje točke su izvori od odredišta podataka i mogu biti fizičke ili logičke lokacije u uređaju. Veze mogu biti *point-to-point* ili *multipoint*. MGCP kao SGCP koristi UDP za uspostavljanje audio veze preko IP mreže i ukosnice za vraćanje poziva prema PSTN mreži kada paketska mreža nije na raspolaganju.

MGCP prednosti:

- Alternativni pozivni ton za VoIP okruženje
- Pojednostavljenje konfiguracije za statičnu VoIP mrežu – Kada se koristi MGCP u VoIP okruženju, nije potrebna konfiguracija VNDP-a (eng. *VoIP Network Dial Peers*).
- Mogućnost migracije – Sustavi koji koriste zastarjele protokole mogu migrirati na MGCP³⁵

MGCP u suradnji kontrolerom pretvornika medija (eng. *Media Gateway Controller*- MGC) djeluje na model dekompozicije, kako je prikazano na slici 12.

³⁵ <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/voice/mgcp/configuration/12-4t/vm-12-4t-book.pdf>



Slika 12. Model dekompozicije kontrolera pretvornika medija

Podaci od: http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2001/govor_slike/15.jpg

MGC funkcije:

- upravljanje prometom,
- nadgledanje resursa u jednome ili više pretvornika medija pomoću protokola za kontrolu pretvornika medija (MGCP ili H.248 protokol),
- konverzija između signalizacija kontrole i uspostave poziva u PSTN mreži (npr. ISUP ili DSS1) i signalizacija (npr. H.323 ili SIP) kojima se uspostavljaju i kontroliraju RTP/IP govorni pozivi inicirani kroz pretvornik medija. ISUP signalizaciju kontroler pretvornika medija prima iz SS7 signalnoga pristupnika pomoću SCTP protokola (eng. *Stream Control Transmission Protocol*).

Upravljanje prometom uključuje analizu pozvanog broja koja se odvija prema konfiguracijskim parametrima koji mogu biti dinamički postavljeni od operatora te na temelju toga se poziv usmjerava prema odredištu i određuje način tretiranja poziva. U MGC-u pozvani broj se izdvaja iz signalizacijskih poruka (H.323 ili SIP poruke) za uspostavu.

Analiza pozvanog broja se odvija po koracima:

1. Modifikacija pozvanog broja – ako je korisnik PSTN mreže birao broj 0523458, tu je moguće uklanjanje prefiksa 05 iz pozvanog broja ekstrahiranog iz IAM poruke (eng. *Initial Address Message*), gdje ostaje 23458 broj koji se odvija u sljedećem koraku analize.

2. Analiza usmjeravanja – predstavlja provjeru B broja sa usporedbom pozvanog broja u bazi podataka. Ako pozvani broj u bazi podataka ne postoji poziv može biti odbačen. Pozvani broj koji započinje sa npr. 123 i nalazi se u bazi, definiran SIP kontrolnim protokolom te koji ujedno predstavlja najduži broj u bazi i poklapa sa pozvanim brojem, poziv će se se uspostaviti preko IP mreže korištenjem SIP protokola. Nakon toga, SIP protokol će kontaktirati odgovarajući drugi kontroler pretvornika medija zadužen za pozvani broj, ukoliko se nalazi u bazi. Posredstvom MGCP protokola, nakon uspostave oba kontrolera pretvornika medija, MGCP će omogućiti svojim pretvornicima međusobnu govornu vezu uz prethodno definirane kodeke kojega su dva kontrolera dogovorila. Uspostava je moguća i preko vanjskog SIP poslužitelja ili SIP *proxy* poslužitelja, što je značajno ako se ne radi samo o PSTN-SIP/H.323-PSTN prometu. U takvim slučajevima kada imamo PSTN-SIP/H.323-PSTN promet (krajnji terminali korisnikov IP telefon ili osobno računalo), svi telefonski brojevi krajnjih SIP/H.323 korisnika u mreži bi se trebali nalaziti u tablicama svih kontrolera pretvornika medija.³⁶

³⁶ Ibid

5. Interoperabilnost VoIP sa nepokretnom i pokretnom mrežom

Uvod u VoIP sustav predstavlja mješanu integraciju između PSTN mreže i Interneta. Postoje dvije ključne osnove koje će se detaljno objasniti u ovom poglavlju, uglavnom odnose se na VoIP okruženje i može se ukratko navesti kao:

- Uspostavljanje poziva i završavanje poziva u PSTN-u koje IP mreže i protokoli mogu koristiti
- Uspostavljanje poziva u telefonskoj te završetak na Internet mreži i obrnuto

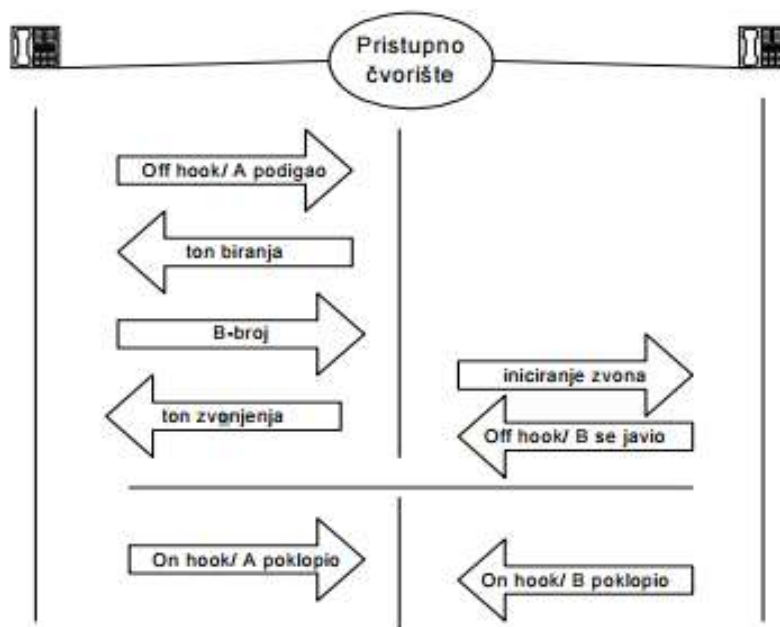
Postoji suptilna razlika između slučajeva gdje je korišten izraz "Internet" i "IP mreža" u VoIP okruženju. Kada se koristi "Internet", odnosi se na javni Internet, a "IP mreža" se odnosi kada postoji mogućnost da se radi prije svega o privatnoj IP mreži, bez isključenja javne Internet mreže.

Uzevši u obzir dva navedena pojma, u konačnici se sve svodi na adresiranje. Npr. dvije adresne šeme, E.164 za PSTN i IPv4 za Internet su u međusobnoj suradnji. Zbog dodatne implementacije SS7 (eng. *Signaling System no. 7*) za PSTN, SS7 kodno adresiranje i protokoli također međusobno surađuju. Sve to mora biti u kontinuiranom radu, bez razbijanja trenutne funkcionalnosti usluge i prekomjernog utjecaja na zahtjeve za kvalitetu usluge (QoS). Razvoj privatnog IP adresiranja u rezidencijalnom i poslovnom poduzeću gdje se koristi NAT (eng. *Network Address Translation*)/NAPT(eng. *Network Address and Port Translation*) funkcionalnost, donosi praktičnu nužnost za rad VoIP sustava, u takvom okruženju VoIP uređaji iza privatnog IP adresnog sučelja i javne Internet mreže mogu međusobno komunicirati.

Prelazak na „all-IP“ mrežu za VoIP i Internet usluge sa nadom da će to riješiti ili smanjiti brojne probleme i poteškoće je zadatak koji se čini nemoguć je ipak u bližoj budućnosti. Ostvarenje se otežava zbog praktičnih odnosno životnih razloga kao što su velika instalacija baze za PSTN i PSTN opreme i regulatornih prava u različitim državama te cijena same implementacije.³⁷

³⁷ D. Medhi; K. Ramasamy: Network Routing Algorithms Protocols and Architectures; Str 663.

Za razmatranje usmjeravanja poziva za POTS usluge (eng. *Plain Old Telephone Service*) gdje je Internet dio poziva, potrebno je poznavati konceptualne osnove. UNI (eng. *User-To-Network Interface*) u slučaju telefonskih usluga pruža određene funkcionalnosti: kada korisnik podigne slušalicu kod rezidencijalnog telefona, telefonska centrala prepoznaje da je slušalica podignuta te pruža zvuk koji indicira korisniku da može pokrenuti poziv odnosno birati broj za uspostavu. Ako telefonska centrala uspješno postavi poziv, korisnik će čuti zvonjenje. Komunikacija će se uspostaviti ako odredišna strana podigne slušalicu i glasovni analogni signal (konvertiran na 64 kbit/s) će se prenositi preko UNI usluga prema telefonskoj centrali. Završetak komunikacije može dati bilo koja strana sa spuštanjem slušalice. Na slici 13. prikazana je pristupna signalizacija između korisnika i mrežnog čvorišta na osnovu signala dizanja/spuštanja (*on/off hook*).³⁸



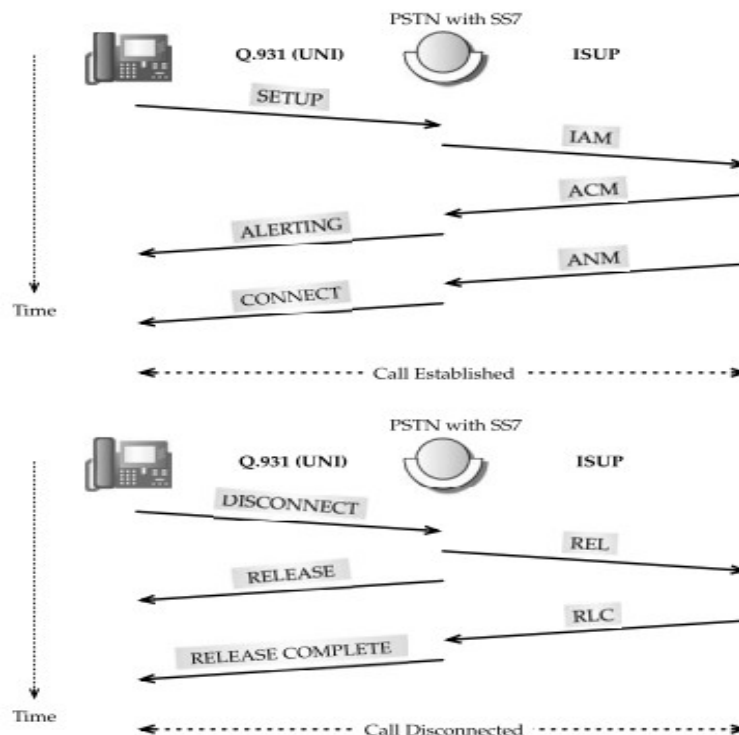
Slika 13. Otvaranje/zatvaranje kruga telefonske signalizacije
Izvor: *Komutacija i upravljanje u telekomunikacijskoj mreži; Nastavni materijali*

Za zamjenu analognog UNI segmenta sa različitim tehnologijama potrebno je uzeti dva aspekta u obzir:

1. Zamjena direkne linije sa indirektnim modom mrežnog povezivanja
2. Mijenjanje komunikacijskog moda u oblik paketnog prijenosa informacija

³⁸ Ibid, Str 664.

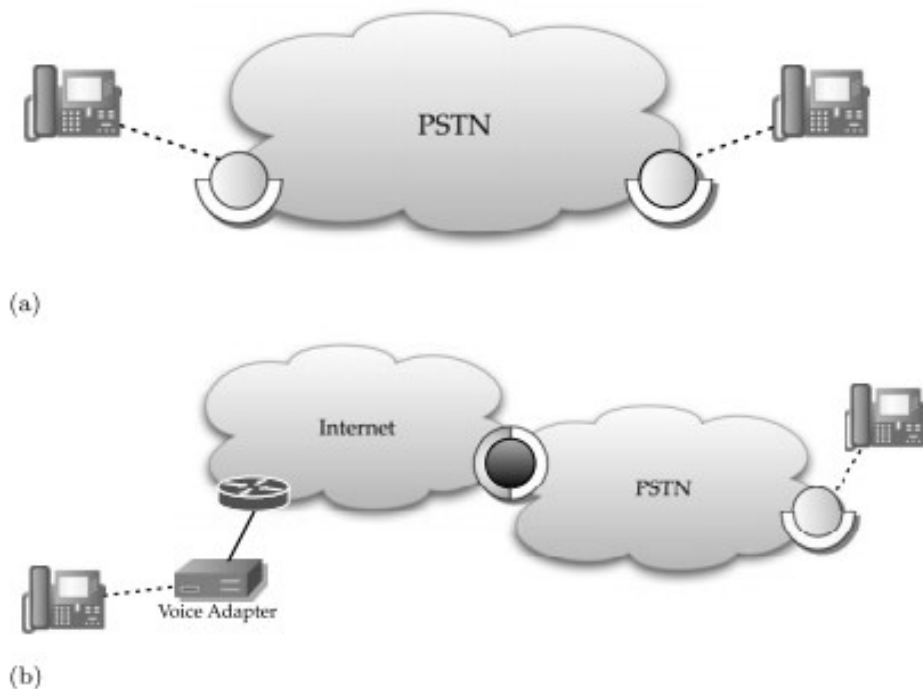
Uzeti u obzir da obje strane („*phone end*“ i „*central office end*“) imaju odgovarajuće adaptere kako bi osnovne funkcije od telefonskih usluga za UNI usluge bile moguće. Uz pretpostavku korištenja ITU-T Q.931 protokola (pruža osnovnu kontrolu poziva za pristup signalizaciji). signalizacija poziva unutar mreže PSTN će i dalje koristiti SS7 signalizaciju (skup protokola koji pružaju signalizaciju u *backbone* dijelu telekomunikacijskih mreža). Na slici 14. prikazan je tok poruke za uspostavljanje poziva i završetak poziva, često korišten kao *cash flow*. Prema slici se može uočiti da Q.931 je postavio grupu poruka koje mogu u suštini biti ekvivalentne SS7 ISUP (eng. *Integrated Services Digital Network - User Part or ISUP*) porukama. U slučaju ako UNI usluga želi postati IP mreža i želi koristiti Q.931 za UNI signalizaciju poziva, VoIP adapter mora imati funkcionalnost za stvaranje Q.931 paketa koji se prenose preko IP mreže.³⁹



Slika 14. Tijek poziva: uspostava i završetak između Q.931 i SS7 ISUP
Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 665

³⁹ Ibid, Str. 665.

Za smještaj PSTN dijela mreže u UNI, telefonska centrala također mora imati adapter. Taj adapter je medijsko-signalizacijski *gateway*, koji ima sposobnost komunikacije sa ostalim VoIP adapterima kako bi izmjenjivao glasovne poruke i paketizirane glasovne pakete. *Gateway* funkcija može biti fizički integrirana funkcija sa čvorom telefonske centrale ili može biti odvojeni server koji radi na principu komutacije kanala za komunikaciju sa čvorom telefonske centrale. U tom okruženju, upravljanje poziva je ostvareno od strane čvora telefonske centrale kroz *gateway*. Treba uzeti u obzir da *gateway* „kraj“ bi trebao imati IP-bazirano sučelje, kako bi mogao primiti i prevoditi paketizirane Q.931 poruke. Mora imati mrežno sučelje koje je u mogućnosti komunicirati sa čvorom telefonske centrale za korištenje SS7 poruka. *Gateway* bi trebao generirati Q.931 poruke za slanje prema VoIP adapterima preko IP mreže. Sa svime ovim navedenim tradicionalni odnosno regularni telefon mora bit u mogućnosti se spojiti sa PSTN mrežom kako je prikazano na slici 15.



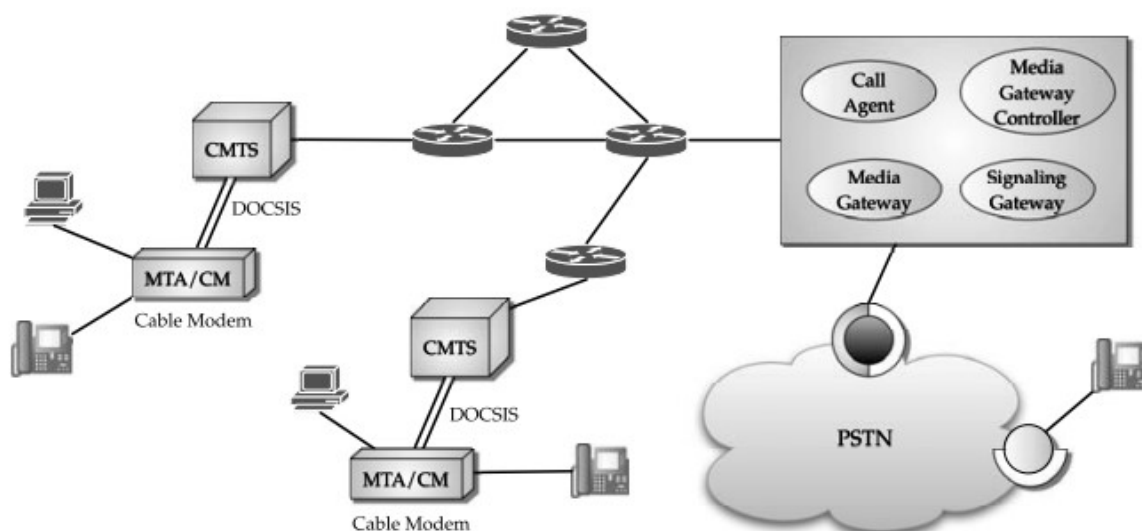
Slika 15. Promjena u pristupu tehnologije (UNI) u telefoniji:

- a) tradicionalni model
- b) inkorporiranje IP mreže

Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 666

5.1 Interoperabilnost VoIP i nepokretne (PSTN) mreže

U ovom scenariju, korisnik prima adapter od pružatelja usluge ali prije svega potrebno je fizički locirati po poštanskoj adresi prilikom registracije pretplatnika. Mobilnost nije omogućena na svakom području, ali adresira regularne zahtjeve i mnogim korisnicima omogućuje korištenje POTS telefona. VoIP telefon koristeći RJ-11 priključak zajedno sa RJ-45 priključkom preko eMTA (eng. *embedded Multimedia Terminal Adapter*) omogućuje računalnu povezivost.



Slika 16. Kabelsko IP umrežavanje za telefonske usluge

Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 674

Na slici 16. prikazana je konceptualna arhitektura IP umrežavanja za telefoniju. U ovom slučaju, IP umrežavanje dostupno na korisnikovoj strani koristi kabelsku infrastrukturu koje pripada pružatelju usluge preko kabelske modemske usluge. Korisnik preko modema ima IP pristupačnost, kako bi eMTA bio spojen na kabelsku liniju. Kabelski modem je vidljiv CMTS-u (eng. *Cable Modem Termination System*) uz korištenje DOCSIS protokola (eng. *Data Over Cable Service Interface Specification*), na primjer sa DOCSIS verzijom 1.1, koji pruža QoS (eng. *Quality of Service*). CMTS je primarno slojni uređaj koji može biti integriran sa trećim slojem rutera u IP komunikaciji. Od eMTA *home* servera do *call manager* servera, cijelo IP umrežavanje je u nadležnosti davatelja usluge, što formira upravljivi IP *backbone*. *PacketCable* specifikacija zahtjeva svaki *endpoint* kako bi imao potpunu kvalificiranu domenu. Od servera za upravljanje poziva, DNS (eng. *Domain Name System*) pretraživanje može biti izvedeno i moguće su

IP adrese na različite MTA-e. Kako mobilnost nije dozvoljena, može se reći da svaki telefonski broj koji je asociran sa IP adresom, ostat će nepromijenjen. Iako za lakše praćenje, FQDN (eng. *Fully Qualified Domain Name*) je korišten sa svakom IP adresom i ima zapis kao *billing-number.provider.NetworkRouting.net*. Stvarna mrežna arhitektura može biti poprilično drugačija, ovisno o fizičkoj domeni CNP-a (eng. *Cable Network Provider*). CNP usluge su ograničene geografskim lokacijama, kao što je MAN (eng. *Metropolitan Area Network*). Izlaz za PSTN može biti na jednoj lokaciji, iako CP (eng. *Cable Provider*) pokriva mnogo geografskih lokacija. Treba uzeti u obzir opciju usmjeravanja poziva iz jednog geografskog područja do drugog geografskog područja, ulazak u PSTN mrežu pa izlaska u drugu lokaciju te nazad u kabelsku mrežu. To bi bilo poželjno u smislu smanjenja troškova i ostalih poslovnih razloga.

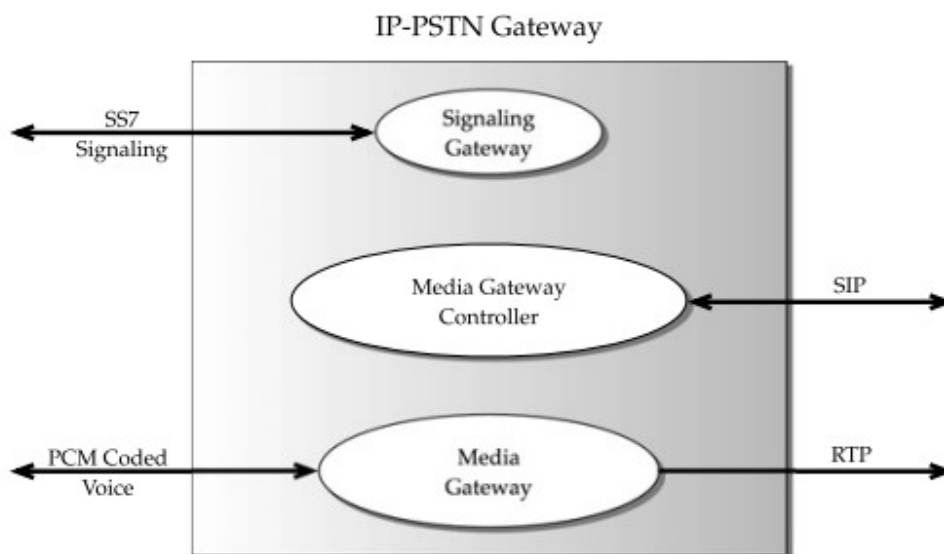
Pružatelj usluga će imati funkcije upravljanja poziva u različitim geografskim lokacijama, ovisno o broju biranih brojeva od strane korisnika. U tom slučaju kabelske usluge bi trebale pružati *high-bandwidth* krugove kao što je OC-3 (eng. *Optical Carrier Level*) od telekomunikacijskih pružatelja usluga za konekciju između različitih MAN mreža kako bi se uspostavila IP mreža.⁴⁰

Scenarij IP-PSTN odnosi se na uspostavu poziva u PSTN mreži i završetku u IP mreži i obrnuto, gdje krajnji uređaji na oba dvije strane nisu analogni telefoni. Kod *Real-Time Two-Way* aplikacija za multimediju i telefoniju razvijen je SIP protokol u IP okruženju (SIP *phone*). Može se reći da SIP protokol upravlja samo kontrolnu sesijski aspekt poziva, dok RTP (eng. *Real-time Transport Protocol*) služi za prijenos u stvarnovremenskim svojstvima medija. SIP protokol se može koristiti u *end-to-end* metodi od jednog krajnjeg uređaja do drugog te ne zahtjeva zasebne protokole za mrežni dio.⁴¹

Veliku ulogu u svemu ima *gateway*. Rad odnosno funkciju *gateway*-a moguće je opisati kroz tri komponente: MGC (eng. *Media Gateway Controller*), SG (eng. *Signaling Gateway*) i MG (eng. *Media Gateway*). SG *gateway* prima SS7 ISUP poruke od PSTN-a i prenosi ih prema MGC-u, te poruke se nakon toga prevode na SIP-ekvivalente poruke za prijenos preko IP mreže. Slično radi i MGC koji prima SIP poruke, koje se prenose prema SG-u za generiranje ekvivalentnih SS7 ISUP poruka za prijenos preko PSTN mreže. Na slici 17. je prikazano *gateway* sučelje između PSTN-a i IP-a. Važna uloga MGC-a je kontrola audio *stream*-ova, preko pulsno kodne modulacije (eng. *PCM-coded circuit-switched voice channel*) na PSTN strani i korištenje RTP protokola na IP strani. Kontroler je „mozak“ ovog sustava i potreban je da održava stanja i prevodi za ostale konekcije.

⁴⁰ Ibid, Str 675.

⁴¹ Ibid, Str 676.



Slika 17. Gateway između PSTN i IP mreže

Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 676

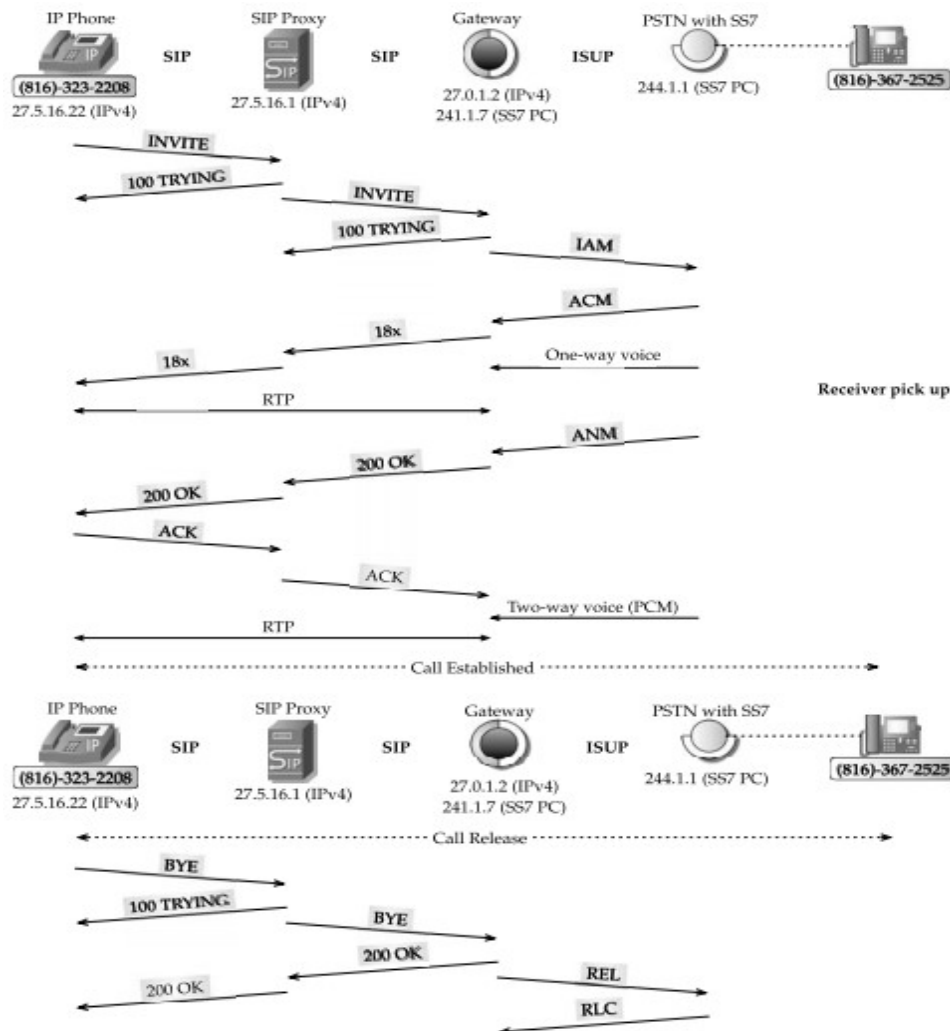
Prema slici je vidljivo da se nalaze dva sučelja: jedan između SG-a i MGC-a i jedan između MGC-a i MG-a. U posljednje vrijeme sve više se koristi MEGACO/H.248 protokol koji pruža komunikaciju između MGC-a i MG-a u cilju uspostavljanja govornog servisa između različitih mreža, najčešće PSTN i IP mreže, a sve manje SCTP protokol (eng. *Streaming Control Transmission Protocol*), dizajniran za transport poruka PSTN signalizacije preko IP mreže. Sve tri komponente uobičajeno su u paketu zajedno kao integrirajući *gateway* server sa mrežnog operativnog pogleda. Tako sa ovom opremom u ovom slučaju primatelj može izmjenjivati informacije unutar sustava bez upotrebe SCTP i MEGACO/H.248 protokola. Također, sa ovim sustavom moguće je upravljati dva različita adresiranja (SS7, IP).⁴²

5.1.1 SIP Phone - POTS Phone

Opis uspostavljanja poziva i završetka poziva između dva raznorodna telefona koja koriste različite mrežne usluge. Uz pretpostavku da korisnik (A) koristi SIP *Phone* (URI tel: +1-816-323-2208), koji je identificiran preko telefonske kontrole URI (eng. *Uniform Resource Identifier*) i želi uspostaviti poziv sa drugim korisnikom koji koristi POTS *Phone* (korisnik B – tel: +1-816-367-2555). U procesu će se identificirati relevantne SIP poruke koje su asocirane sa SS7 ISUP porukama. Na slici 18. prikazan

⁴² Ibid, Str 675.

je primjer toka poziva sa generiranim porukama te svi entiteti sa odgovarajućim adresama.



Slika 18. Primjer toka poziva između SIP uređaja i PSTN mreže
Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 678

IP adresa SIP *Phone*-a od korisnika A (URI tel: +1816-323-2208) je identificirana kao 27.5.16.22 i *proxy* IP adresa kao 27.5.16.1. *Gateway* je identificiran za IP mrežu sa IP adresom 27.0.1.2 te za SS7 mrežu i SS7 *point code* IP adresa je 241.1.7. Na strani PSTN-a, poziv završava na čvoru telefonske centrale sa SS7 kodom 244.1.1, gdje se inače nalazi analogni POTS *Phone* od korisnika(B). Bazirano na lokalne pozivne instrukcije korisnik (A) bi birao broj (3442525).

SIP Phone će generirati SIP *invite* poruku, ključne komponente poruke su:

INVITE sip:+18163672525@proxy1.NetworkRouting.net;user=phone SIP/2.0

From: <sip:+18163232208@proxy1.NetworkRouting.net;user=phone>

To: <sip:+18163672525@proxy1.NetworkRouting.net;user=phone>

Via: SIP/2.0/TCP host-a-client.NetworkRouting.net:5060

Prva riječ u prvom redu ukazuje na *INVITE* poruku i verziju broja od SIP protokola (URI). SIP Phone korisnika (A) je prikazan u polju *From*, a polje *To* sadržava SIP URI za odredište. Iako je korisnik (A) birao broj 3672525, SIP Phone je zadužen za konverziju na odgovarajući SIP URI. *Via* polje indicira da je korišten TCP za pouzdan prijenos poruke, uz dodatak ime domene SIP Phone za korisnika (A) gdje je uključen i broj porta transportnog sloja (5060). Od kada SIP sesija je omogućena uz korištenje TCP-a, TCP obavlja konekciju koju će trebati inicirati na 27.5.16.1. U trenutku kada se postavi TCP sesija, poslati će se SIP *INVITE* poruka. Adrese uređaja u ovom slučaju su pronađene na istoj subnetskoj maski IP (27.5.16.0/24), tako je dostava paketa može koristiti bilo koji lokalni mehanizam kao što je *Ethernet*. U trenutku kada je SIP *INVITE* poruka zaprimljena na *proxy* poslužitelju, generirat će *100 TRYING* povratnu poruku prema SIP Phone-u, čime inidicira da pokušava uspostaviti vezu prema naprijed. *Proxy* će inicirati SIP sesiju sa *gateway*-em 27.0.1.2 i regenerirati SIP *INVITE* kao:

INVITE sip:+18163672525@gw1.NetworkRouting.net;user=phone SIP/2.0

From: <sip:+18163232208@proxy1.NetworkRouting.net;user=phone>

To: <sip:+18163672525@proxy1.NetworkRouting.net;user=phone>

Via: SIP/2.0/TCP proxy1.NetworkRouting.net:5060;branch=z9hG4bK2d4790.1

Via: SIP/2.0/TCP host-a-client.NetworkRouting.net:5060;branch=z9hG4bK74bf9

;received=27.5.16.22

Nalazi se nekoliko promjena u *INVITE* poruci u odnosu na prijašnju:

1. Polje *Via* ukazuje na prolazak kroz čvorove i na identifikaciju IP adrese od koje je zaprimljen zahtjev
2. *Branch* parametar je uključen za oba *Via* polja sa univerzalnom oznakom u korist identificiranja poziva

Proxy je zadužen za unutarnje mapiranje dvije TCP sesije na dvije strane poziva i *branch* informacija može pomoću u cilju lociranja. IP adresa za drugu TCP vezu možda zatraži proslijeđivanje paketa kroz jedan ili više usmjerivača. Sljedeće, *gateway* bi trebao prevoditi informaciju od SIP *INVITE* poruke na ISUP IAM poruku. U toj poruci, OPC (eng. *Originating point code*) će biti 241.1.7 a DPC (eng. *Destination point code*) će biti 244.1.1. Zatraženi broj će uključivati 816-367-2525, identificirajući da je bazirano na E.164 koristeći NCS (eng. *National coding scheme*), gdje je državni informacijski kod isključen. IAM (eng. *Initial Address Message*) će sadržavati sljedeće informacije:

Routing Label: OPC=244.1.7 DPC=244.1.1

TCIC: 45

Message Type: IAM

CalledPartyNumber:

NatureofAddressIndicator: National

NumberingPlan: E.164

Digit: 816-367-2525

CallingPartyNumber:

NatureofAddressIndicator: National

NumberingPlan: E.164

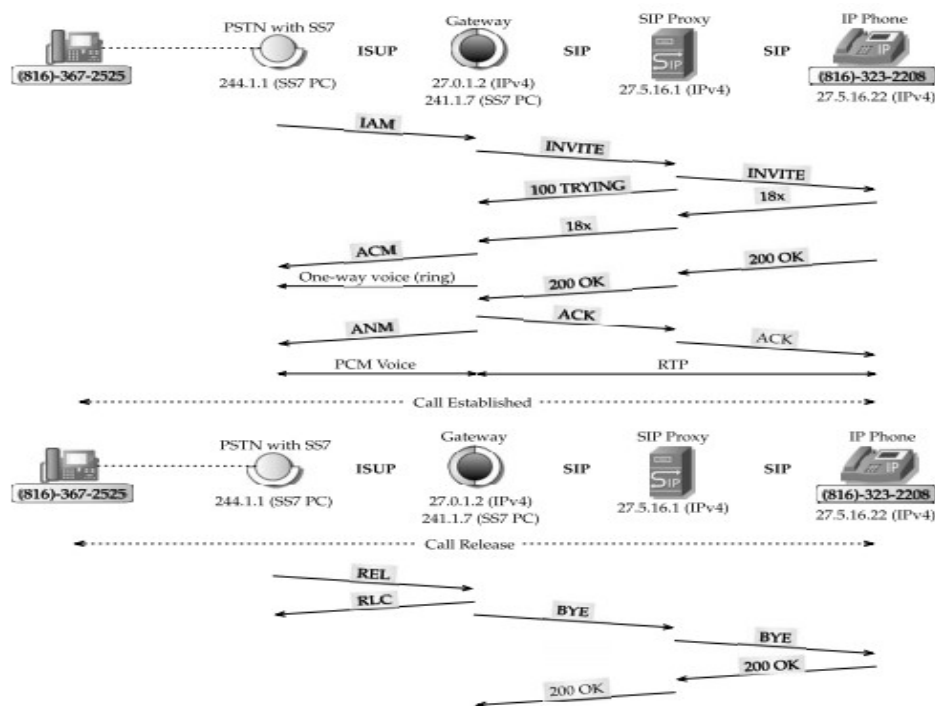
Digits: 816-328-2208

Slobodni *trunk*, identificiran kao TCIC (eng. *Trunk Circuit Identification Code*) mora prvo biti dostupan prije generiranja IAM poruke. IAM je *bit-oriented* protokol reprezentiran koristeći tekst za pojednostavljenje sadržaja IAM poruke. U trenutku primitka IAM poruke, odredišna centrala će pozvati korisnika (B) i generirati će ACM (eng. *Address complete message*) poruku. Kada ACM poruka dođe do *gateway*-a, generirati će se poruka *183 Session Progress* prema *proxy*-u te će se koristiti za TCP vezu koja je već uspostavljena. *Proxy* prema nazad će regenerirati poruku *183 Session Progress* prema SIP *Phone*-u. Cjeloviti poziv je uspostavljen samo kada je ova poruka dostavljena na odgovorajući SIP *Phone*. Nakon toga *gateway* priprema RTP sesiju sa SIP *Phone* i dohvaća TDM *voice circuit* sa odredišnom centralom. IP paketi koje sadržava RTP obično neće ići kroz *proxy*. Originalna SIP *INVITE* poruka SIP *Phone*-a sadržava informaciju koja je napravljena preko protokola SDP (eng. *Session Description Protocol*), te se u sadržaju nalazi IP adresa SIP *Phone*-a. Ako je sesija u vezi, treba se očekivati isto tako i RTP sesija od *gateway*-a. Završetak poziva započinje SIP *BYE*

porukom, koja je generirana od strane korisnika (A), te će biti usmjerena prema *REL* poruci za dio PSTN-a.⁴³

5.1.2 POTS Phone – SIP Phone

Poziv započinje na strani *POTS Phone* i namijenjen je korisniku koji ima *SIP Phone*. Ideja je slična kao u prijašnjem poglavlju samo se radnja odvija u suprotnom smjeru. Kada *IAM* poruka dođe do *gateway*-a, biti će potrebno identificirati *proxy* prema kojem će se poslati inicijalna *INVITE* poruka, što je predstavlja nedostatak procesa. To znači da će *gateway* morati biti konfiguriran sa određenom informacijom o *proxy* serveru. Ako se nalazi više od jednog *proxy* servera, tada će *gateway* morati ustanoviti prema kojem serveru je potrebno proslijediti poziv. Kako bi se taj proces ubrzao, kroz odvojive mehanizme, svaki *proxy* server obavještava *gateway* koji je na listi telefona koji se poslužuje. Tako *gateway* može održavati tablicu usmjeravanja, u svakom trenutku kada dođe poziv i odmah zna kojem *proxy* serveru je potrebno proslijediti *SIP* poruku.⁴⁴ Na slici 19. prikazan je primjer toka poziva *POTS Phone – SIP Phone*.



Slika 19. Primjer toka poziva PSTN – SIP Phone.

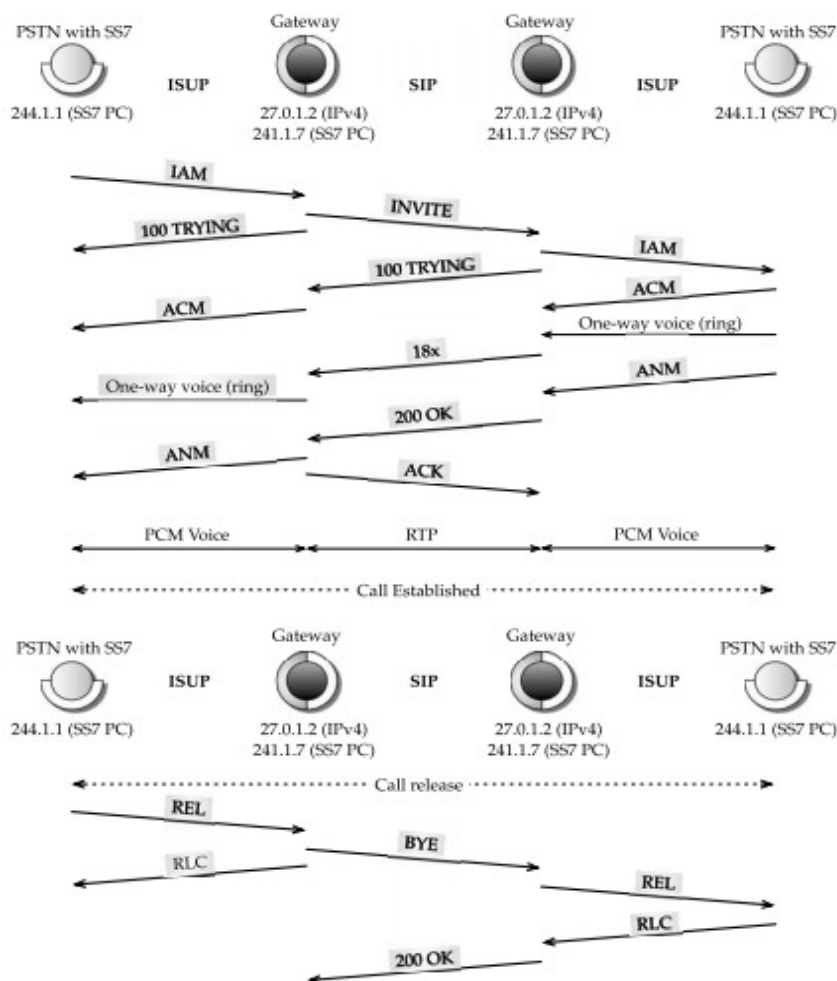
Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*; str 681

⁴³ Ibid, Str 680.

⁴⁴ Ibid, Str. 680.

5.1.3 PSTN-IP-PSTN

Scenarij gdje poziv započinje u PSTN-u, prolazi kroz IP mrežu koristeći *gateway* i onda ponovno ulazi u PSTN. To uključuje SS7 ISUP signalizaciju u dva različita segmenta, na početku i onda na kraju veze. Na slici 20. prikazan je tok poziva PSTN – IP – PSTN.



Slika 20. PSTN – IP – PSTN

Izvor: D. Medhi; K. Ramasamy: Network Routing Algorithms Protocols and Architectures: str 682

Kada poziv ide od PSTN mreže preko IP-a pa natrag do PSTN-a, prikriveno implicira da sva svojstva od PSTN mreže se slabo koriste. Uz pretpostavku da korisnik poziva broj koji koristi PSTN-IP-PSTN arhitekturu, primatelj poziva u tom slučaju preuzima sve troškove. Pravilo za uspostavu poziva je nešto drugačije, informacija se nalazi u SS7 IAM poruci, gdje SIP nema *message type indicator* kako bi indicirao

informaciju. Takva informacija koja se vraća na završni PSTN segment bi se zagubila ako se konverzija adrese odvija samo od PSTN-a do IP-a. Kako bi se izbjegao slučaj gubitka informacije, koristi se SIP-T protokol (*SIP for Telephones*). SIP-T je ekstenzija protokola SIP te omogućuje da se SIP poruke koriste kao nositelji ISUP (eng. *ISDN User Part*) signalizacije. Generirati će se SIP *INVITE* poruka i cijela ISUP IAM poruka će biti enkapsulirana u SIP *INVITE* poruku. Potencijalni problem može predstavljati činjenica da SIP *INVITE* poruka koristi SDP. SIP-T koristi MIME (eng. *Multipurpose Internet Mail Extension*), za odvajanje različitih tipova sadržaja. SIP se bazira na tekstualnim porukama (zahtjev, odziv) te inkorporira elemente od HTTP i SMTP protokola. MIME se ponekada zna koristiti u aplikacijskim slojevima protokola, kao što je HTTP (eng. *Hyper Text Transfer Protocol*). MIME enkodiranje je potrebno za identifikaciju standarda koji se koristi kako bi završni PSTN segment znao kako upravljati sa njim. ⁴⁵

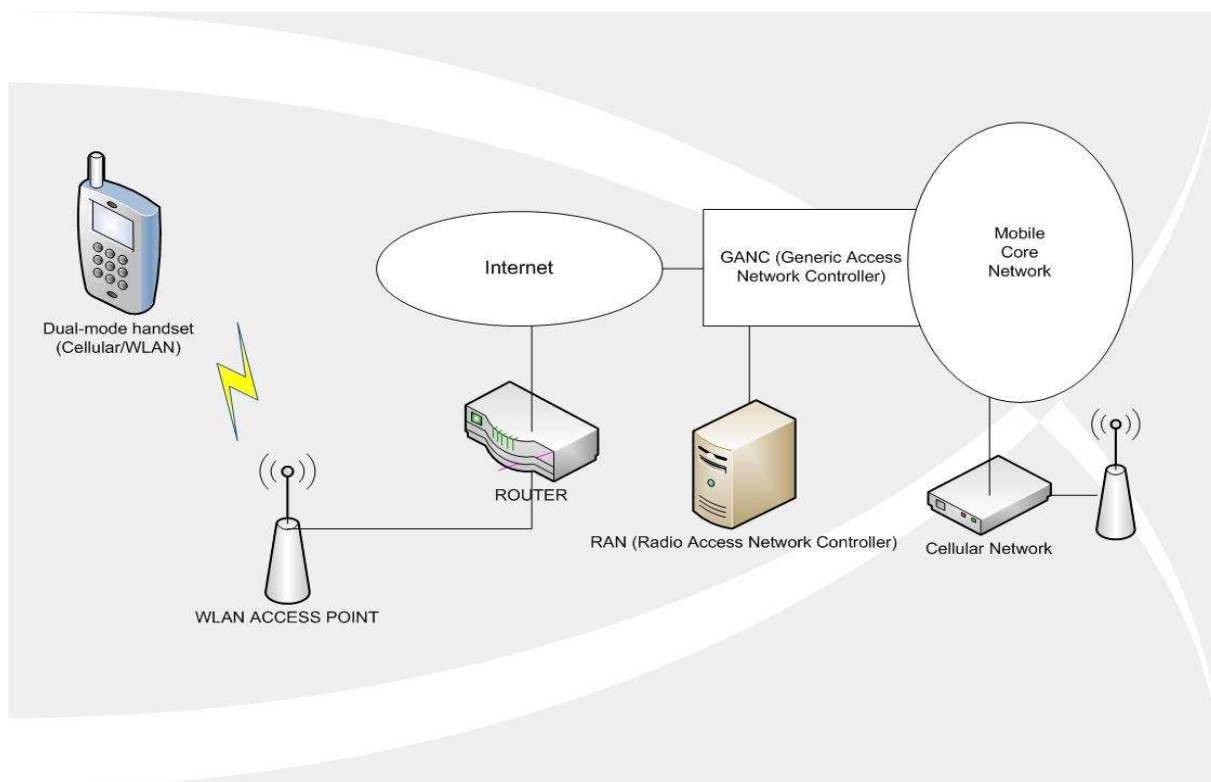
5.2 Interoperabilnost VoIP i pokretne mreže

Prvi standard za mobilnu mrežu koji uključuje VoIP je 3GPP sa podržavanjem fiksne mobilne konvergencije (eng. *Fixed-Mobile Convergence – FMC*). FMC je dizajniran kako bi proširio pokrivenost, gdje u mnogim slučajevima bežični signali su slabiji zbog prisile prolaska kroz zidove. VoIP protokoli (SIP,RTP), koji su prethodno objašnjeni, su dodani na *Smartphone* uređaj kako bi glasovni pozivi mogli biti uspostavljeni preko WLAN pristupne mreže, koja je povezana na Internet. ⁴⁶

Slika 21. prikazuje arhitekturu za podržavanje fiksno mobilne konvergencije (FMC). Ključni faktor je omogućiti korisniku *dual-mode handset*, što znači da u *smartphone* uređaj moraju biti ugrađene dvije stanice, WLAN (802.11) i čelijske stanice bazirane na GSM/UMTS tehnologiji. Jedan od važnijih aspekata standarda je podržavanje usluge *roaming* između dvije mreže: čelijske mreže (eng. *Cellular Network*) i WLAN. U ovom slučaju, *roaming* se odnosi na sposobnost upravljanja poziva između mreža, bez gubitaka.

⁴⁵ Ibid, Str.681.

⁴⁶ <http://www.globalknowledge.nl/content/files/documents/White-Papers/US-White-Paper-Using-VoIP>



Slika 21. Arhitektura za podržavanje fiksne mobilne konvergencije (FMC)
Podaci od: <http://www.globalknowledge.nl/content/files/documents/White-Papers/US-White-Paper-Using-VoIP>

5.2.1 VoLTE tehnologija

VoLTE (eng. *Voice over Long Term Evolution*) predstavlja standard za glasovne pozive preko 4G/4G+ mreže koji podržava prijenos podataka na Internetnom protokolu (IP). Razgovori se vrše preko 4G mreže bez postojanja potrebe automatskog prebacivanja na 2G ili 3G mreže operatera.

LTE jezgrene mreže su dizajnirane kako bi podržavale rad IP višemedijskog podsustava (IMS), što predstavlja superiornost u odnosu na VoIP tehnologiju. IMS platforma (eng. *IP Multimedia Subsystem*) detaljno objašnjena u potpoglavlju 6.1. Za korištenje VoLTE tehnologije potrebna je IMS softverska podrška te terminalni uređaji moraju raditi u *dual stack* načinu rada za IPv4 i IPv6 protokole.⁴⁷

⁴⁷ <http://preporucamo.com/sto-je-volte/2016/01/11/>

Pomoću veće propusnosti, audio frekvencijskog raspona od 50-7000Hz te HD kodecima, koji se koriste kod svakog digitalnog glasovnog sustava omogućuju se prednosti VoLTE sustava:

- Bolja kvaliteta poziva (40% poboljšanje u odnosu na pozive u 3G mreže)
- Korisnici imaju mogućnost istovremeno obavljati razgovor i pretraživati Internet ili pregledavati video sadržaj
- Niska latencija
- Stopa pada glasovnog poziva blizu nule.⁴⁸

Preferirana metoda koja se koristi za održavanje glasovnih usluga preko LTE mreža zove se CSFB (eng. *Circuit-Switched Fall Back*). Pojam *Fall Back* označava povratak odnosno da se korisnička LTE oprema vraća na korištenje 3G mreže za glasovne pozive.

Svaki put kada korisnik uspostavlja poziv, korisnička oprema se mora isključiti sa LTE mreže i povezati na operatore 3G mreže koji upravlja CSFB pozivima. Kada korisnik završi sa CSFB pozivom, uređaj se isključuje sa 3G mreže i ponovno povezuje sa 4G mrežom. Što znači da korisnik ne može simultano koristiti LTE mrežu za pretraživanje Interneta dok traje poziv te je moguća samo jedna konekcija.⁴⁹

5.2.2 Voice over LTE via Generic Access – VoLGA

VoLGA tehnologija usko surađuje sa fiksno mobilnom konvergencijom (FMC). Korisnik pokreće poziv koristeći LTE podatkovnu vezu ujedno povezanu na *gateway* VANC (eng. *VoLGA Access Network Controller*) u LTE jezgrenoj mreži. VANC *gateway* se koristi za uspostavljanje poziva između LTE paketne mreže i bilo GSM ili UMTS mobilnom mrežom. Kvaliteta usluge može biti zajamčena te se će se pružati visokokvalitetni pozivi iz razloga što se sva korisnička sučelja i konekcije nalaze pod kontrolom mobilnog operatora.

Značajka koja pospješuje VoLGA tehnologiju jest da podržava IMS usluge i usluge temeljene na komutaciji kanala - CS (eng. *Circuit Switched*). Proces odnosno vrijeme uspostavljanja poziva je poboljšán do skoro 40%.⁵⁰

⁴⁸ Ibid

⁴⁹ Ibid

⁵⁰ Ibid

6. Konvergencija mreže

Konvergencija označava promjene u načinima dostavljanja medijskih sadržaja, za ICT (eng. *Informations and Communications Technology*). Konvergirana mreža je mreža u kojoj se svi tipovi podataka kao zvuk, video i podaci prenose u zajedničkoj mreži. Drugim riječima, ne treba posebna mreža za prijenos svakog tipa podataka zasebno.

FMC konvergencija (eng. *Fixed Mobile Convergence*) s ciljem pružanja različitih korisničkih usluga, predstavlja konsolidaciju fiksnih i mobilnih mreža, što se potvrđuje implementacijama IPTV ili *Mobile TV* uslugama te drugim rješenjima. Operatorima za pružanje cjelovitih komunikacijskih rješenja pruža tehnološku pokrivenost s kraja na kraj mreže, što rezultira manjim troškovima za održavanje. Iz perspektive korisnika, očekuje se veća umreženost od trenutačne i još veća dostupnost sadržaja bilo gdje i bilo kada na bilo kojem uređaju.⁵¹

Količina podatkovnog prometa raste eksponencijalno. Kao rezultat, mnoge kompanije moraju napraviti značajne investicije u novu infrastrukturu u cilju ispunjenja mrežnih zahtjeva. Jedna konvergirana mreža donosi mnoge prednosti koje su sve usmjerene prema poboljšanju profitabilnosti i produktivnosti za sve poslovne komunikacijske sustave:

- Smanjeni troškovi za održavanje i upravljanje koristeći samo jednu mrežnu infrastrukturu
- Smanjenje količine fizičkog prostora potrebne za mrežnu opremu
- Smanjenje troškova poziva i sposobnost zaobila nepotrebnih troškova poziva
- Smanjenje administracijskih troškova i fleksibilnost modela rada za zaposlenike
- Konsolidirani sustavi za obračun i izvještaj

Kako su velike troškovne uštede obično dovoljne za opravdanje migracije, najzanimljiviji poslovni razlozi uporabe konvergirane mreže odnose se na:

- Brzinu – ubrzani razvoj produktivnih aplikacija
- Pouzdanost – konstantan rad mreže
- Interoperabilnost – mogućnost rada više aplikacija zajedno
- Lakša integracija novih tehnologija

⁵¹ <http://www.t-blog.com.hr/2013/08/konvergencija-dokida-tehnoloske-razlike/>

Mrežna konvergencija je univerzalna zbog svoje sposobnosti utjecaja na cjelokupnu organizaciju. Organizacije koje su migrirale na konvergiranu mrežu imaju mogućnost donošenja bolje odluke koje se odnose na investicije u mrežnoj tehnologiji, proizvode i usluge.⁵²

6.1 IP višemedijski podsustav

IP višemedijski podsustav (eng. *IP Multimedia Subsystem - IMS*) predstavlja skupinu standarda definiranih od strane 3GPP-a (*3rd Generation Partnership Project*) i drugih standardizacijskih tijela i udruga oko 3GPP-a. Kod mreže telekomunikacijskih operatora nove generacije ovi standardi čine nacrt (eng. *blueprint*).

Zadatak IMS-a kod jezgrenih mreža bežičnih operatora treba omogućiti integraciju raznih višemedijskih usluga (naprednih) te postići konvergenciju postojećih mreža s Internetom u jedinstvenu pokretnu širokopojasnu mrežu. S druge strane, kod nepokretnih operatora, IMS za pružanje usluga treba napraviti jedinstvenu platformu pri čemu i unificirati mjesto odakle se usluge pružaju odvajajući usluge od mreže. IMS također treba omogućiti konvergenciju pokretne i nepokretne mreže, što će rezultirati jednom implementiranom „all-IP“ mrežom koja će služiti za prijenos svih vrsta prometa i podataka (glas, video, datoteke). Sadržavati će inteligenciju mehanizama u čvorovima koji će omogućiti da se paketima koji prenose različite informacije mogu pridružiti različite brzine prijenosa i parametri kvalitete usluga (QoS).

Pogodnosti za operatora uz korištenje IMS usluga su značajno smanjenje operativnih troškova te brzi razvoj i implementacija usluga u mrežu. Ubrzani razvoj je posljedica odvajanja sloja usluga od jezgrenog dijela tako da se može podržati bilo koji tip prometa na različitim pristupnim mrežama i korisničkog uređaja te u tom slučaju se eliminira potreba za rekonfiguracijom postojeće mreže za ostale usluge koje se razvijaju.

Arhitektura IMS-a prikazana na Slici 22. operatorima omogućuje višestruko iskoristivu utemeljenu platformu koja pruža implementaciju brže i s manjim ulaganjima nove višemedijske usluge. Također, korisnici kod procesa transformacije postojeće mreže će ostvarivati male prihode, pri čemu udio prihoda će biti generiran iz postojećih mreža.⁵³

IMS je baziran na SIP protokolu, njegovi glavni elementi su SIP *proxy* serveri koji na IMS platformi su CSCF (eng. *Call Service Control Functions*) što obično predstavlja kombinaciju SIP registra i SIP *proxy* servera. Kako bi međusobno djelovali sa

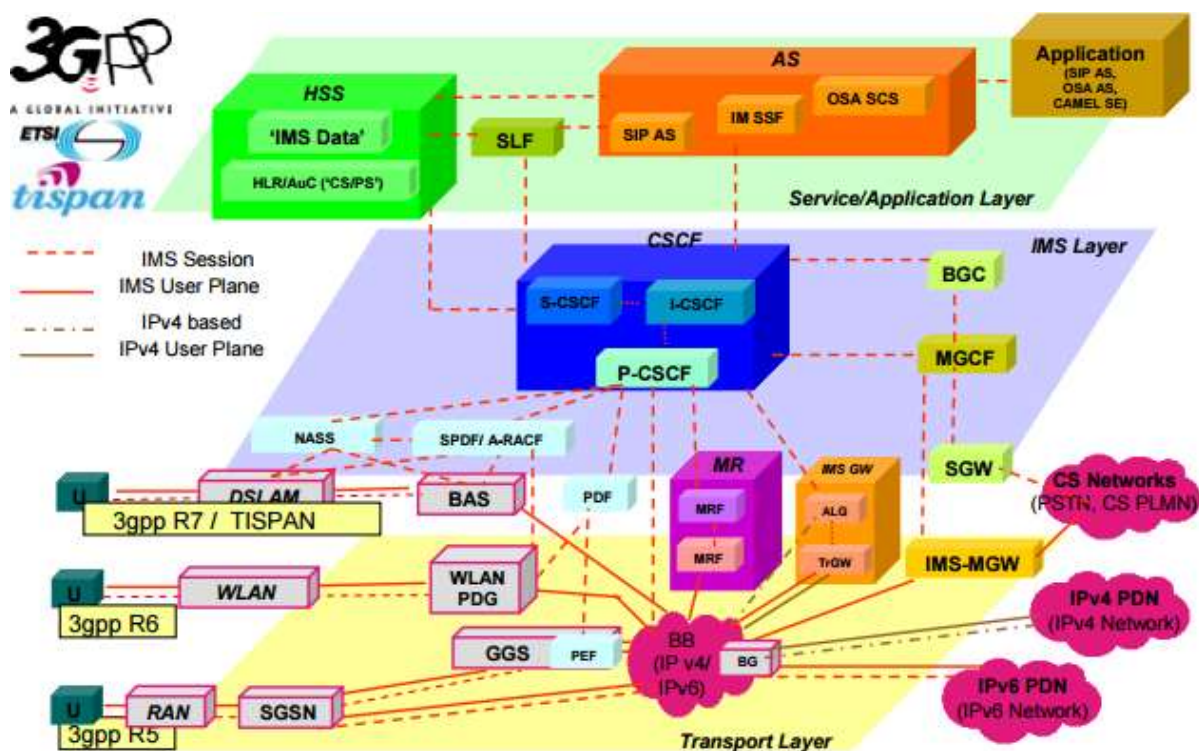
⁵² <https://learningnetwork.cisco.com/servlet/JiveServlet/previewBody/20845-102-1-74660/What%20is%20network%20convergence%20all%20about.pdf>

⁵³ https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/KvalifikacijskiIsplit-TutmanMihaela.pdf

navedenim *proxy*-ima, korisnički uređaji moraju implementirati funkcionalnost SIP korisničkog agenta.

Tipovi CSCF-a:

- P-CSCF (eng. *Proxy CSCF*) – prva kontaktna točka unutar IMS-a za SIP korisničkog agenta. Kroz ovu točku prolaze svi signalizacijski tokovi te prihvaća sve SIP poruke i usmjerava ih do drugih CSCF-ova.
- S-CSCF (eng. *Serving CSCF*) – glavni element signalizacije, vodi računa o upravljanju sesijom i registraciji korisnika.
- I-CSCF (eng. *Interrogating CSCF*) – pristupnik prema vanjskim mrežama odnosno kontaktna točka za entitete P-CSCF i S-CSCF iz udaljenih domena. Inače se najviše rabi za skrivanje topologije između različitih operatora.



Slika 22. IMS arhitektura

Izvor: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Kvalifikacijskilspit-TutmanMihaela.pdf

IMS arhitektura se sastoji od tri sloja:

- uslužno/aplikacijski sloj - uključuje sve servere i elemente koji su tu za pružanje širokog opsega usluga.
- IMS sloj - svi elementi koji su zaslužni za funkcioniranje IMS-a su u IMS sloju.
- Transportni sloj - Upravlja sa dostupnošću IMS-a i transportom podataka prema njemu i od njega

Jedna od važnijih komponenti koje čine IMS sloj je kućni pretplatnički poslužitelj (eng. *Home Subscriber Server*- HSS) odnosno centralizirana baza podataka koja pohranjuje informacije o korisnikovom profilu i autorizaciji. Navedene informacije se zahtjevaju zbog uspostavljanja sesija i pružanja usluga, ako se koristi na mreži više HSS-ova onda se SLF (eng. *Subscriber Location Function*) upotrebljava za lociranje onog HSS-a koji sadrži odgovarajuće korisničke informacije.

Aplikacijski serveri (uzdužno/aplikacijski sloj) mogu osigurati napredne usluge te usluge koje nisu zasnovane na SIP protokolu. S-CSCF se koristi za interakciju sa aplikacijskim serverima. MRF (eng. *Media Resource Function*) predstavlja izvor medija u domaćoj mreži. Podijeljen je na čvor signalizacijske ravni koji se zove MRFC (eng. *Media Resource Function Controller*) i čvor medijske ravni MRFP (eng. *Media Resource Function Processor*). MRFC se ponaša kao SIP korisnički agent i sadrži SIP sučelje prema S-CSCF. BGCF (eng. *Border Gateway Control Function*) određuje sljedeći korak „hop“ prilikom usmjeravanja SIP poruka. SGW (eng. *Session Gateway*) se koristi za povezivanje različitih signalizacijskih mreža koje su bazirane na SCTP/IP protokolu (eng. *Stream Control Transmission Protocol*) i one bazirane na SS7 signalizaciji. MGCF (eng. *Media Gateway Control Function*) osigurava kontrolu signalizacijskih sposobnosti za suradnju sa mrežama koje se temelje na komutaciji kanala kao što je PSTN. MGCF vrši kontrolu nad MGW-om.⁵⁴

6.2 All-IP okruženje – Hrvatski Telekom

3GPP standardizacijska organizacija razvoj mreža koje se temelje na komutaciji paketa usmjerava prema „All-IP“ mrežama (eng. *All-IP Network*). Ovakav tip mreže omogućava konvergenciju pristupnih tehnologija i usluga u zajedničku mrežu i samim time pruža kontinuiranu uslugu i pokretljivost neovisno o višestrukim pristupnim mrežama. Korisnicima koji se kreću između različitih pristupnih mreža ili usluga, ovaj način osigurava kontinuirane i transparentne usluge bez obzira na tip komunikacije. Jedan od osnovnih ciljeva „All-IP“ mreže odnosi se na napredno upravljanje

54

https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/ZoricQoS_signalizacija_u_IP_visemedijskom_podsustavu_UMTS-a.pdf

pokretljivošću odnosno treba omogućiti neosjetnu (eng. *seamless*) pokretljivost pojedinog korisnika, terminala ili sjednice te isto tako sposobnost prijenosa komunikacije koja se odvija između različitih pristupnih mreža, naravno uz visoke QoS zahtjeve aplikacija.⁵⁵

Hrvatski Telekom (HT) je treći telekom u Europskoj uniji koji je sve svoje korisnike i usluge prebacio u All-IP okruženje. HT je doveo nove servisne platforme – IMS sustav, što omogućuje vrlo velike brzine prijenosa podataka. Proces IP transformacije predstavlja novi multimedijalni svijet, predstavlja modernizaciju fiksne telekomunikacijske mreže, gdje su svi telefonski priključci migrirani na IP tehnologiju. Samim time, pružaju se kvalitetnije usluge korisnicima stvarajući konvergenciju fiksne i mobilne odnosno podatkovne telefonske usluge. Proces prelaska na IP tehnologiju započeo je 2010. te utemeljeno 2015 godine, što uključuje isključivanje iz prometa ukupno 72 lokalne telefonske centrale starijih generacija diljem Hrvatske. Zamjenu su napravile dvije centrale, inače smještene u Rijeci i Zagrebu. Platforma temeljena na IP tehnologiju omogućuje učinkovitije pružanje postojećih usluga. HT pruža rješenja za „pametne“ gradove: evidentiranje sakupljanja komunalnog otpada, sustav javnih gradskih bicikala, pametna rasvjeta, punionice za električne automobile, gdje se naravno svi proizvodi temelje na IP tehnologiji.⁵⁶

Hrvatski Telekom donio je tri nove inovativne usluge na tržište:

- HTBusinessConnect – mogućnost upotrebe fiksne linije na mobilnom uređaju. Središnji komunikacijski sustav koji korisnici upotrebljavaju na svojim računalima, mobitelima, tabletima i IP fiksnim telefonima.
- HTWebConnect - omogućuje da se u konverzaciju uključuje veći broj suradnika na različitim lokacijama, bez obzira je li riječ o sastanku tima, telekonferenciji, treningu, radionici ili edukacijskom seminaru.
- Usluga Magenta 1- mogu je koristiti poslovni i rezidencijalni korisnici ako je u kućanstvu koriste internetsku i najmanje jednu mobilnu liniju HT-a. Predstavlja dodatnu vrijednost za postojeće korisnike. Za poslovne korisnike omogućuje korištenje višestrukih usluga (fiksne, mobilne, iCloud) uz naplatu preko samo jednog računa te pruža maksimalne brzine prijenosa podataka. Korisnik dobiva sigurnost i efikasno iskorištenje jer dobiva „pametnu“ Internet platformu koja omogućuje neprekidan rad usluge uz 4G „backup“. Također, za bolju produktivnost i fleksibilnost rada tu je Cloud pohrana da mogu raditi s bilo kojeg

⁵⁵https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Sabina_Barakovic._KDI.pdf

⁵⁶ <http://www.tportal.hr/biznis/kompanije/406743/Povijesni-trenutak-za-HT-Svi-korisnici-i-usluge-prebaceni-u-All-IP-okruzenje.html>

uređaja i lokacije. Usluga se može realizirati bez potpisivanja formalnog ugovora između korisnika i operatora.⁵⁷

Po rezultatima istraživanja zadovoljstva telefonskih usluga (privatne i poslovne usluge) prema očekivanom, korisnici su zadovoljni te ističu kako nakon migracije su se desila značajna poboljšanja na brzinu uspostavljanja poziva i kvaliteti zvuka.

Također, migracijom na novu tehnologiju promijenjen je postupak spajanja fiksnog telefona, gdje je potrebno spojiti direktno na ADSL modem, ne preko razdjelnika kao do sada. Modem mora biti uključen u struju kako bi se ostvarili telefonski poziv čak i pozivi prema hitnim službama.

Prednosti i nedostaci korisnika prelaska na „All-IP“ okruženje;

Prednosti:

- Brzina uspostavljanja poziva
- Kvaliteta poziva
- Nove usluge
- Fleksibilnost rada
- Jednostavnost
- Brzina prijenosa podataka

Nedostaci:

- Zastoj usluga u slučaju nestanka struje – sve usluge su zasnovane na IP tehnologiji pri čemu je potreban kontinuiran rad napajanja.⁵⁸

⁵⁷ <https://www.hrvatskitelekom.hr/magenta1>

⁵⁸ <http://www.tportal.hr/biznis/kompanije/409366/S-All-IP-mrezom-Hrvatska-je-spremna-za-korak-prema-buducnosti.html>

7. Zaključak

VoIP tehnologija je najuspješniji predstavnik treće generacije mobilnih mreža (3G). Današnje vrijeme ide prema smjeru mobilnosti i efikasnosti rada te komunikacijske tehnologije trebaju omogućiti prijenos informacija gdje god se nalazili. Telekomunikacijski promet govora je značajno porastao, milijuni korisnika u svakodnevnom životu upotrebom raznih aplikacija imaju mogućnost uspostavljanja poziva po jako niskim cijenama. Zahtjevi koji su postavljeni pred VoIP tehnologiju su sigurnost i kvaliteta usluge. Praćenje i analiza prometa povjerljivih informacija korisnika dovodi do opasnosti te u najgorem slučaju može doći do krađe identiteta. U odnosu na početak IP telefonije, kvaliteta poziva je znatno poboljšana, u svakom slučaju teži se kvaliteti fiksne telefonije. Korisnik upotrebom aplikacija za audio-video konferencije može dati povratnu informaciju o kvaliteti te na temelju tih podataka, poslovne organizacije ispravljaju svoje nedostatke. Također, korisnik sam regulira kvalitetu svojih razgovora birajući rješenja kao što je odabir brzine internet veze, operatera, mobilnog uređaja i drugih usluga. Generalno uzevši, može se reći da je kvaliteta iz dana u dan sve bolja i nedostaci se sve brže otklanjaju, što znači da će vjerojatno vrijeme pokazati svoje dok se ne usavrše standardi.

Prelazak Hrvatskog Telekomu u „All-IP“ okruženje predstavlja modernizaciju fiksne telekomunikacijske mreže. Fiksnu mrežu zamjenjuju mobilni uređaji po rezultatima korištenja korisnika, koji po svojim aktivnostima zahtjevaju slobodu pristupa informacijama i mogućnost poziva. Kako IP sustavi su postali interoperabilni i lako izmjenjivi te pružaju nova svojstva, preko tehnoloških napredaka informacijski sustavi mogu inkorporirati to u smjeru postojećih sustava bez potrebe stvaranja nove infrastrukture. Također, uzimanje u obzir da će sve tradicionalne usluge biti spojene zajedno u jedan veliki sustav, dolazi sa prednosti da će se održavati samo jedna mreža, s druge strane nedostatak je da ako mreža dođe u stanja kvara, organizacija gubi sve svoje funkcionalnosti, npr. prestanak rada telefona i ostalih usluga koje su u sustavu.

LITERATURA

1. Opus komunikacije.[Online]: <http://opuskomunikacije-tim.hr/sto-je-voip/48-mrene-osnove> (kolovoz 2016.)
2. CARNet.Osnove mrežnog usmjeravanja.[Online]:<http://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2007-02-183.pdf> (kolovoz 2016.)
3. Fakultet prometnih znanosti: Autorizirana predavanja iz kolegija Prijenosni sustavi i mreže u željezničkom prometu 2, Zagreb. [Online]: http://www.fpz.unizg.hr/zto/PRSUS/Telefonski_sustavi.pdf (studeni 2016.)
4. Spencer,M.: *Introduction to the Asterisk Open Source PBX*, Linux Support Services, Inc., Bordeaux, France 2002. [Online]: <http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/misc/asterisk-whitepaper.pdf> (studeni 2016.)
5. Callidus [Online]:https://www.callidus.hr/3cx_phone_system.php (studeni 2016.)
6. Verakom [Online]: http://verakom.hr/voip_i_uc.php (studeni 2016.)
7. Liu, C.:*Multimedia Over IP: RSVP, RTP, RTCP, RTSP*, Handbook of Emerging Communications Technologies: The Next Decade. Boca Raton, 2000.[Online]: http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis788-97/ftp/ip_multimedia/#multimedia (kolovoz 2016.)
8. Flanagan, A. W.: *VoIP and Unified Communications Internet Telephony and the Future Voice Network*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2012. (kolovoz 2016.)
9. Informatika Buzdo. [Online]: <http://www.informatika.buzdo.com/pojmovi/tcp-ip-9.htm> (kolovoz 2016.)
10. Rudesi. A., Jain, R.: *RTP, RTCP, and RTSP – Internet Protocols for Real-Time Multimedia Communication*, The Industrial Information Technology Handbook, 2005. [Online]: <http://www.cse.wustl.edu/~jain/books/ftp/rtp.pdf> (kolovoz 2016.)
11. Ericsson. Prijenos govora IP mrežama.[Online]: http://www.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2001/prijenos_govora.htm (kolovoz 2016.)

12. Baraković, J.: *QoS signalizacija u višeuslužnim mrežama sljedeće generacije*, Sarajevo, 2015.
[Online]: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/QoS_signalizacija_u_vise_usluznim_mrezama_sljedece_generacije.pdf (rujan 2016.)
13. CARNet. Sigurnosni aspekti VoIP tehnologije. [Online]:
<http://www.cert.hr/sites/default/files/CCERT-PUBDOC-2006-03-151.pdf> (rujan 2016.)
14. Fakultet elektrotehnike i računarstva. Višemedijske komunikacije.
[Online]: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/11_voip-sip-h323-notes.pdf (rujan 2016.)
15. CISCO: *MGCP and Related Protocols Configuration Guide, Cisco IOS Release 12.4T*, Cisco Systems, Inc., San Jose, USA, 2011. [Online]:
<http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/voice/mgcp/configuration/12-4t/vm-12-4t-book.pdf> (rujan 2016.)
16. D. Medhi., K. Ramasamy.: *Network Routing Algorithms Protocols and Architectures*, Elsevier Inc., San Francisco, California, 2007. (kolovoz 2016.)
17. Hill, D.: *Using Voice over IP (VoIP) in Mobile Networks*, ProActive Technical Solutions, Inc., USA, 2011. (siječanj 2017)
18. Preporucamo – VoLGE. [Online]: <http://preporucamo.com/sto-je-volte/2016/01/11/> (siječanj 2017)
19. Blog.Hrvatski Telekom. [Online]: <http://www.t-blog.com.hr/2013/08/konvergencija-dokida-tehnoloske-razlike/> (rujan 2016.)
20. CISCO: *What is network convergence all about?*, Cisco Systems, Inc., San Jose, USA. [Online]:
<https://learningnetwork.cisco.com/servlet/JiveServlet/previewBody/20845-102-1-74660/What%20is%20network%20convergence%20all%20about.pdf> (rujan 2016.)
21. Tutman, M.: *Utjecaji uvođenja mreža nove generacije i IP višemedijskih podsustava na sustave operativne potpore*, Zagreb. [Online]:
https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/KvalifikacijskiSpit-TutmanMihaela.pdf (rujan 2016.)

22. Zorić, S.: *QoS signalizacija u IP višemedijskom podsustavu UMTS-a*, Sarajevo, 2015. [Online]: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/ZoricQoS_signalizacija_u_IP_vise_medijskom_podsustavu_UMTS-a.pdf (rujan 2016.)
23. Baraković, J.: *Osiguranje kvalitete usluga sljedeće generacije optimizacijom signalizacijskih procedura*, Sarajevo, 2015. [Online]: https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Sabina_Barakovic._KDI.pdf (rujan 2016.)
24. Tportal.hr.; *Povijesni trenutak za HT: Svi korisnici i usluge prebačeni u All-IP okruženje*. [Online]: <http://www.tportal.hr/biznis/kompanije/406743/Povijesni-trenutak-za-HT-Svi-korisnici-i-usluge-prebaceni-u-All-IP-okruzenje.html> (studen 2016.)
25. Hrvatski Telekom. [Online]: <https://www.hrvatskitelekom.hr/magenta1> (rujan 2016.)
26. Tportal.hr.; *'S All-IP mrežom Hrvatska je spremna za korak prema budućnosti'* [Online]: <http://www.tportal.hr/biznis/kompanije/409366/S-All-IP-mrezom-Hrvatska-je-spremna-za-korak-prema-buducnosti.html> (rujan 2016.)

POPIS KRATICA

3GPP - 3rd Generation Partnership Project

ATA - Analog Telephone Adapter

BGCF - Border Gateway Control Function

BGP - Border Gateway Protocol

CBR - Constant-Bit-Rate

CMTS - Cable Modem Termination System

CNAME - Canonical Name

CNP - Cable Network Provider

CP - Cable Provider

CPU - Central Procesing Unit

CSCF - Call Service Control Functions

CSFB – Circuit Switched Fall Back

CSRC - Contributing Source

DECnet - Digital Equipment Corporation

DLC - Data Link Control

DNS – Domain Name System

DOCSIS - Data Over Cable Service Interface Specification

DPC - Destination point code

DRP - Distribution and Replication Protocol

DVD - Digital Versatile Disc

EH - Header Extension

eMTA - embedded Multimedia Terminal Adapter

FQDN - Fully Qualified Domain Name

FTP - File Transfer Protocol

HTML - HyperText Markup Language

HTTP - Hyper Text Transfer Protocol

IAM - Initial Address Message

I-CSCF - Interrogating CSCF

IETF - Internet Engineering Task Force

IMAP - Internet Message Acces Protocol

IMS - IP Multimedia Subsystem

IP – Internet Protocol

IPX - Internetwork Packet eXchange

ISDN – Integrated Switched Digital Network

ISP – Internet Service Provider

ITU - International Telecommunication Union

ITU-T - ITU Telecommunication Standardization Sector

LAN - Local Area Network

LAT - Local Area Transport

LTE – Long Term Evolution

MAN – Metropolian Area Network

MC - Multi-point Controler

MCU - Multi-point Control Unit

MGC - Media Gateway Controller

MGCF - Media Gateway Control Function

MGCP - Media Gateway Control Protocol

VoLGE – Voice over Long Term Evolution with Generic Access

VoLTE – Voice over Long Term Evolution

MGW - Media gateway

MOP - Maintenance Operations Protocol

MP - Multi-point Procesor

MPLS - Multiprotocol Label Switching

MRFC – Media Resource Function Controler

MRFP - Media Resource Function Processor

MTU - Maximal Transmision Unit

NAPT - Network Addres and Port Translation

NAT - Network address translation

NCS - National coding sheme

NetBEUI - NetBIOS Extended User Interface

OC-3 - Optical Carrier Level

OPC - Originating point code

OSI - Open Systems Interconnection

OSPF - Open Shortest Path First

P2P – Peer To Peer

PBX - Private Branch Exchange

PCM – Pulse Code Modulation

P-CSCF – Proxy-CSCF

POP3 - Post Office Protocol

POTS - Plain Old Telephone Service

PSTN – Public Switched Telephone Network

PT - Payload Type

QoS – Quality of Service

RAS - Registration, Admission and Status

RFC - Request for Comments
RIP - Routing Information Protocol
RPC - Remote Procedure Call
RR – Receiver Report
RSVP - Resource reservation Protocol
RTCP – Real-Time Control Protocol
RTP - Real-time Transport Protocol
RTSP - Real-Time Streaming Protocol
SAP - Session Announcement Protocol
S-CSCF – Serving- CSCF
SCTP/IP - Stream Control Transmission Protocol
SDES - Source Description
SDP - Session Description Protocol
SG – Signaling Gateway
SGW – Session Gateway
SIP – Session Initiation Protocol
SMTP – Simple Mail Transfer Protocol
SN - Sequence Number
SNMP - Simple Network Management Protocol
SR - Sender Report
SS7 – Signaling System no.7
SSH - Secure Shell
SSRC - Synchronization Source Identifier
TCIC - Trunk Circuit Identification Code
TCP - Transmission Control Protocol

TCP/IP - Transmission Control Protocol/Internet Protocol

UA – User Agent

UAC - User Agent Client

UAS – User Agent Server

UC - Unified Communications

UDP - User Datagram Protokol

UNI - User-To-Network Interface

URI - Uniform Resource Identifier

VINES - Virtual Integrated NEtwork Service

VoBB – Voice over Broadband

VoIP – Voice over Internet Protocol

WWW - World Wide Web

XNS - Xerox Network System

POPIS SLIKA

Slika 1. Petlja usmjeravanja uzrokovana sporom konvergencijom.....	7
Slika 2. VoIP arhitektura mreže.....	11
Slika 3. Protokolarna arhitektura VoIP sustava	13
Slika 4. RTP zaglavlje	16
Slika 5. RTCP zaglavlje.....	18
Slika 7. Dijelovi H.323 standarda	26
Slika 8. Osnovne komponente SIP sustava	28
Slika 9. Model telefonskog razgovora.....	29
Slika 10. Sekvencijalni dijagram preusmjeravanja poziva u slučaju zauzeća korisničke linije	30
Slika 11. Implementacija usluge preusmjeravanja u pozivajućem korisničkom agentu ..	31
Slika 12. Model dekompozicije kontrolera pretvornika medija	33
Slika 13. Otvaranje/zatvaranje kruga telefonske signalizacije	36
Slika 14. Tijek poziva: uspostava i završetak između Q.931 i SS7 ISUP	37
Slika 15. Promjena u pristupu tehnologije (UNI) u telefoniji.....	38
Slika 16. Kabelsko IP umrežavanje za telefonske usluge	39
Slika 17. Gateway između PSTN i IP mreže	41
Slika 21. Arhitektura za podržavanje fiksne mobilne konvergencije (FMC)	48
Slika 22. IMS arhitektura	52